

AL



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 195 16 970 A 1

⑤① Int. Cl.⁸:
H 01 B 7/28
H 01 B 3/42
H 01 B 13/32
G 02 B 6/44

②① Aktenzeichen: 195 16 970.0
②② Anmeldetag: 9. 5. 95
②③ Offenlegungstag: 14. 11. 98

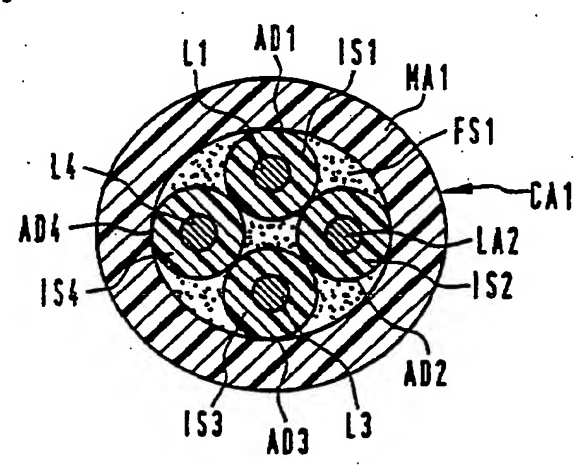
DE 195 16 970 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Polle, Hubert, Dr., 96450 Coburg, DE

⑤④ Kabel mit einer Füllmasse und Verfahren zu deren Herstellung

⑤⑦ Die Füllmasse des Kabels (CA1, CA2) enthält einen Anteil an Quellpulver und weiterhin mindestens eine Zusatzsub-
stanz. Diese Zusatzsub-
stanz ist mit dem Quellpulver gut
vermischt und liegt derart zwischen den Teilchen des
Quellpulvers, daß beim Eindringen von Wasser eine gute
Wasserzugänglichkeit zu den einzelnen Teilchen des Quell-
pulvers gewährleistet ist.



DE 195 16 970 A 1

Beschreibung

Aus der US-PS 5,218,011 sind Füllmassen für elektrische Kabel bekannt, die ein Quellmittel (z. B. wasserabsorbierendes Polymer) sowie ein dielektrisches Öl enthalten, wobei ggf. hochdispersives Siliziumdioxid und Kügelchen aus Kunststoffmaterial zugesetzt werden können. Durch Verwendung entsprechend hoher Ölanteile (> 30 Gew.%) entsteht eine pastenförmige gelartige Matrix und in dieser Form wird die Füllmasse zusammen mit den elektrischen Leitern in die Kabelseele eingebracht.

Aus der EP 0 375 685 ist eine Füllsubstanz zum Längsdichten elektrischer und/oder optischer Kabel bekannt, die einen quellfähigen pulverförmigen Stoff sowie hydrophobe, pastöse Massen in Form von niederviskosem Petrolat enthält, wobei zusätzlich Hohlkügelchen aus Kunststoff zugesetzt werden können. Auch diese Füllmasse bildet eine gelartige Substanz, wobei das pastöse Verhalten durch entsprechend hohe Anteile des weichen Petrolates (z. B. 43 Vol.%) sichergestellt wird.

Aus der EP-0 589 274 ist eine Lichtwellenleiterader mit einer Füllmasse bekannt, die durch Ölzusatz eine pastenförmige Konsistenz erhält, wobei in die Füllmasse Hohlkügelchen eingebettet sind, deren Durchmesser und/oder Anzahl so gewählt sind, daß ein in ihrer Nachbarschaft befindlicher Lichtwellenleiter eine für Bewegungsvorgänge ausreichende Verschiebbarkeit innerhalb der Füllmasse aufweist.

Füllmassen der vorstehend beschriebenen Art, bei denen im größeren Ausmaß öl- oder wachsartige Bestandteile enthalten sind, sind insofern von Nachteil, weil diese ölhaltigen Substanzen hydrophob sind und deswegen eine Beeinträchtigung des Quellvorgangs des Quellpulvers beim Eindringen von Wasser bewirken. Es kann u. U. sogar dazu kommen, daß der Quellvorgang bei zumindest einem Teil des Quellpulvers durch diese hydrophoben Materialien über lange Zeit verzögert wird. Ein weiterer Nachteil dieser öl- oder wachsartigen Substanzen besteht darin, daß nicht alle im Kabel verwendbaren Kunststoffe (z. B. der Isoliermaterialien) gegen die ölhaltigen Substanzen ausreichend resistent sind und deshalb die Füllmasse einerseits und die verwendeten Kunststoffmaterialien andererseits sorgfältig aufeinander abgestimmt werden müssen.

Aus der DE 26 05 395 C2 ist ein gegen Wasser abgedichtetes elektrisches Kabel bekannt, das mit einem hydrophoben und einem hydrophilen Pulver gefüllt ist, wobei das hydrophile Pulver beim Kontakt mit Wasser ein viskoses, quellendes Material bildet. Das staubtrockene Pulvergemisch wird in die Zwischenräume zwischen den Leitern der Kabelseele eingebracht, wobei diese nur teilweise gefüllt werden. Beim Eintreten von Wasser bildet sich aus dem hydrophilen Pulver ein hochviskoses Gel, das durch das hydrophobe Pulver abgestoßen wird. Um ein besseres Haften des Pulvers an den Leitern zu gewährleisten können diese mit einem hydrophoben Öl benetzt werden, das mit der jeweils verwendeten Isolierung verträglich ist.

Es ist auch bekannt, die Innenflächen von Lichtwellenleiter enthaltenden Röhrchen mit Quellpulver zu beschichten (DE 42 19 607 A1).

Bei der Verwendung von Quellpulvern als Füllmassen bietet sich eine Schwierigkeit insofern, als bei einem Wasserzutritt die vom Wasser zuerst erreichten Quellpulver-Teilchen sich sofort stark in ihrer räumlichen Ausdehnung vergrößern und dadurch den Wasserzutritt zu räumlich dahinterliegenden weiteren Quellpulverteilchen behindern. Im Extremfall kann es sogar dazu kommen, daß sich eine Art Quellpulver-Klumpen bildet, derart daß außen eine dichte Hülle aus aufgequollenem Quellpulver vorliegt, während dahinter völlig ungequollene trockene Quellpulveranteile liegen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Kabel mit einem pulverförmigen Füll- und Trennmaterial so weiterzubilden, daß der Quellvorgang in möglichst effektiver Weise ablaufen kann.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe bei einem Kabel der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß das Zusatzpulver so eingebracht ist, daß seine Teilchen mit den Teilchen des Quellpulvers gut vermischt und zwischen diesen verteilt derart angeordnet sind, daß Teilchen des Zusatzpulvers Teilchen des Quellpulvers voneinander trennen und daß beim Eindringen von Wasser ein fortschreitender Wasserzutritt zu benachbarten Teilchen des Quellpulvers durch die Trennwirkung der Teilchen des Zusatzpulvers unterstützt ist.

Das Zusatzpulver gemäß der Erfindung bewirkt somit eine möglichst weitgehende räumliche Trennung der einzelnen Teilchen des Quellpulvers, so daß bei einem Wasserzutritt die Zugänglichkeit auch dieser so separierten Teilchen jeweils getrennt sichergestellt ist. Dadurch kann sich auf engem Raum eine größere Zahl von Quellpulverteilchen an dem Quellvorgang beteiligen (im günstigsten Fall praktisch alle). Es ist deshalb mit einem sehr geringen Anteil an Quellpulver ein hohes Maß an Volumenvergrößerung bei Wasserzutritt und damit Abdichtung gewährleistet. Demnach können Kabel gemäß der Erfindung preiswerter hergestellt werden, weil für ein bei Wassereintritt zu füllendes Volumen ein geringerer Anteil an relativ teuren Quellpulver notwendig ist, wodurch vor allen Dingen auch die dielektrischen Eigenschaften der Füllmischung sehr günstig werden.

Die verschiedenen Komponenten der im Rahmen der Erfindung verwendeten Füllmasse und deren Anwendungsmöglichkeiten werden nachfolgend einzeln abgehandelt.

Quellpulver

Derartige Quellpulver werden heute meist synthetisch hergestellt, anschließend granuliert und gemahlen. Für sanitäre Zwecke sind Feinstaubanteile nicht gewünscht. Diese sind aber im Rahmen der Erfindung von besonderem Interesse, weshalb übliche Quellpulver ggf. erneut gemahlen und/oder gesiebt und vorzugsweise (aus dielektrischen Gründen) getrocknet werden. Die Quellpulver nehmen gewöhnlich das 100 bis 300-fache ihres Gewichtes an Wasser auf, wobei sie ihr Volumen entsprechend stark vergrößern. Beim Einsatz als Kabelfüllung liegt das Problem darin, daß die Quellpulver so schnell quellen müssen, daß das Wasser sich nur über möglichst kurze Strecken ausbreiten kann. Hierzu ist es erforderlich, daß eindringendes Wasser möglichst schnell auf Quellpulverteilchen trifft und jedes derartige Teilchen möglichst frei für Wasser zugänglich sein soll. Es ist deshalb zweckmäßig, sehr feines und in der Füllmasse möglichst gleichmäßig verteiltes Quellpulver zu verwenden.

den. Für das Quellpulver selbst werden zweckmäßig Teilchengrößen unter 100 µm, bevorzugt unter 50 µm verwendet, wobei ein Größenbereich zwischen 1 µm und 30 µm besonders zweckmäßig ist. Die angegebene Teilchengröße wird hier und in den nachfolgenden Beispielen durch die jeweils verwendete Siebgröße bestimmt.

Quellpulver enthält, wenn man nicht besondere Vorkehrungen trifft, gewöhnlich einen deutliche Anteil an Wasser, wobei diese "Gleichgewichtsfeuchte" im allgemeinen etwa in der Größenordnung zwischen 3 und 6 Gew.% Wasser liegt. Dieser Wasseranteil ist bei elektrischen Kabeln an sich grundsätzlich unerwünscht. Berücksichtigt man, daß bei einem geringem Quellpulveranteil am Gesamtfüllvolumen auch der Wasseranteil sehr gering ist, so kann der störende Einfluß auf ein vernachlässigbares Maß herabgesetzt werden. Dies kann besonders dadurch erreicht werden, daß durch einen entsprechend hohen Anteil von, insbesondere kompressiven, Kügelchen (z. B. Hohlkügelchen), die praktisch kein Wasser aufnehmen, wodurch der störende Einfluß der genannten Feuchteanteile verringert wird. Dieser störende Einfluß der Feuchtigkeit des Quellpulvers wird weiter herabgesetzt durch Beifügen des Zusatzpulvers. Im allgemeinen ist es deshalb bei Füllmassen gemäß der Erfindung nicht notwendig eine Trocknung der Mischungen oder des Quellpulvers vorzunehmen, um den durch die Gleichgewichtsfeuchte bestimmten Wasseranteil herabzusetzen. Damit kann die Aufbereitung der Füllmasse wesentlich vereinfacht werden.

Zusatzpulver (Trennpulver)

Durch das als Trennpulver wirkende Zusatzpulver soll z. B. eine Agglomeration der Quellpulverteilen weitgehend verhindert werden, damit deren Kleinheit sich für den Wasserzutritt voll ausnützen läßt (Separierungseffekt). Besonders zweckmäßig ist es, Zusatzpulver mit einer Größe der Teilchen zu verwenden, die kleiner ist als die Größe der Teilchen des Quellpulvers. Durch den Einsatz besonders kleiner Partikel des Zusatzpulvers kann eine besonders effektvolle Separierung der Quellpulverteilen durch das Zusatzpulver erreicht werden. Auch kann auf diese Weise mit relativ geringen Anteilen an Zusatzpulver in der Füllmasse gearbeitet werden. Das Quellpulver (und vorteilhaft auch etwaige sonstige vorhandene Pulveranteile) werden zweckmäßig an ihrer Oberfläche mit den sehr viel feineren Teilchen des Zusatzpulvers mit mindestens einer einlagigen Schicht überzogen. Bei einem 40 µm-Quellpulverteilen genügen z. B. etwa 0,2 Gew.% eines hochdispersen SiO₂ mit 0,01 µm-Teilchengröße, um einen Überzug zu schaffen und somit die Quellpulverteilen voneinander zu trennen.

Bevorzugt liegt die Teilchengröße der Teilchen des Zusatzpulvers unter 1/10, vorzugsweise unter 1/100 und insbesondere zwischen einem 1/100 und einem 1/200 der Größe der Teilchen des Quellpulvers. Die Teilchengrößen liegen bevorzugt unter 1 µm, zweckmäßig unter 0,1 µm und vorteilhaft sogar unter 0,05 µm. Besonders zweckmäßig sind Teilchengrößen um 0,01 µm.

Als trennende Zusatzpulver eignen sich insbesondere solche Stoffe, die leicht in sehr kleine Teilchengrößen zermahlen bzw. sehr kleinteilig hergestellt werden können und die sich mit dem Quellpulver gut vermischen lassen. Besonders geeignet sind anorganische, vorzugsweise hochdisperse Pulver, z. B. Talkum, Glimmer, Graphit, insbesondere jedoch Silikate, wobei vor allem SiO₂ (beispielsweise "Aerosil" der Firma Degussa) einsetzbar ist. Weiterhin sind als Zusatzpulver Bentonite oder Montmorillonite einsetzbar, wobei auch Mischungen der vorgenannten Substanzen verwendet werden können.

Der Gewichtsanteil an Zusatzpulver kann vorteilhaft wesentlich niedriger gewählt werden als der Gewichtsanteil an Quellpulver (und niedriger auch als der Gewichtsanteil an etwaigen sonstigen Pulveranteilen), und zwar um so niedriger je kleiner die jeweiligen Teilchen des Zusatzpulvers verglichen mit den anderen Teilchen, insbesondere denen des Quellpulvers sind. Wenn entsprechend feines Zusatzpulver verwendet wird, dann genügt im allgemeinen ein Zusatz von unter 10 Gew.%, bevorzugt von unter 2 Gew.% und insbesondere zwischen 0,1 bis 2 Gew.% an Zusatzpulver zu jeweils 100 Gew.% Quellpulver. Besonders vorteilhafte Werte bei entsprechend feinen Zusatzpulvern liegen bei 0,2 bis 0,5 Gew.% und besonders zweckmäßige und effektive Werte um 0,3 Gew.% Zusatzpulver bezogen auf 100 Gew.% Quellpulver.

Sonstige Pulveranteile

Es können gemäß einer Weiterbildung der Erfindung der Füllmasse noch sonstige Pulveranteile zugegeben werden, deren Korngrößen zweckmäßig etwa in der Größenordnung der Quellpulverteilen oder etwas kleiner gewählt werden, also zwischen 1 und 100 µm. Die sonstigen, vorzugsweise inerten, Pulveranteile werden ebenfalls von dem um Größenordnungen kleineren Zusatzpulver mit überzogen und getrennt. Diese Teilchen im um-Bereich (Füllteilchen) sollen im wesentlichen das abzudichtende Volumen mit preiswerten, nicht feuchteaufnehmenden und gewöhnlich dielektrisch günstigen Materialien ausfüllen und mit dazu beitragen, die feinen Quellpulverteilen vereinzelt, aber doch etwa gleichmäßig über den Raum zu verteilen. Je nach Forderungen können für die sonstigen Pulveranteile sehr unterschiedliche Substanzen gewählt werden. So kommen einmal organische Substanzen (Kunststoffmaterialien), wie Polyolefin-Pulver (z. B. PE- und PP-Pulver) in Frage. Es können aber auch anorganische Substanzen verwendet werden, wie feinverteilte Silikate, Oxyde und Carbonate. Um flammenhemmende Eigenschaften zu erreichen, kann Aluminium- oder Magnesiumhydroxid gewählt werden.

Öl oder sonstige Bindemittel

Die Verwendung von reinen Pulvermischungen hat bei der Verarbeitung den Nachteil, daß bei deren Aufbereitung und Mischung sowie beim Einbringen in die Kabelseele besondere Vorsichtsmaßnahmen (Staubschutz) getroffen werden müssen.

Es ergibt sich deshalb weiterhin die Aufgabe, eine Füllmasse zu schaffen, die leicht verarbeitbar ist. Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Füllmasse eine Beigabe in Form von Öl oder einem Klebemittel aufweist, deren Anteil an der Füllmasse so niedrig gewählt ist, daß das Stauben der Füllmasse bei der Verarbeitung verhindert wird, ohne daß es zu der Bildung einer pastenförmigen Konsistenz der Füllmasse kommt.

5 Während die bekannten Füllmassen entweder vollständig staubtrocken oder aber in Form pastöser Massen mit hohen Öl- oder Wachsanteilen ausgebildet waren, geht hier die Erfindung einen gänzlich anderen Weg. Die Beigabe von Öl oder Klebemitteln ist nicht in dem Sinn vorgenommen wie beim bekannten Stand der Technik, um eine weiche pastöse Masse zu erhalten, sondern ist so niedrig gehalten, daß gerade noch das Stauben der Füllmasse bei der Verarbeitung verhindert wird. Dieser niedrige Anteil an Öl- oder Klebemittel bringt praktisch
10 keine Einschränkung hinsichtlich z. B. der Ölfestigkeitseigenschaften der verwendeten Kunststoffe mit sich, da diese geringen Öl- oder Kleberanteile von den pulverförmigen Bestandteilen der Füllmasse so stark abgeblockt werden, daß eine Beeinträchtigung benachbarter Kunststoffmaterialien weitgehend vermieden wird. Zugleich ist aber die Füllmasse durch den geringen Anteil an Öl oder Klebemittel soweit in sich "gebunden", daß bei der Verarbeitung nicht mehr in dem Maße auf einem Pulverstaub abzustellen ist, wie dies bei den bekannten reinen Pulvermischungen der Fall ist. Die geringen Öl- oder Klebemittelzusätze bewirken außerdem keine Behinde-
15 rung des Quellpulvers, weil ihre an sich hydrophoben Eigenschaften wegen des geringen Öl- oder Klebemittelanteils nicht störend in Erscheinung treten.

Als Öle können im Rahmen der Erfindung bevorzugt eingesetzt werden niederviskose Polyolefine wie Weißöle und Polybutene und solche mit besonderen Klebeigenschaften wie Polyisobutylene. Auch ölähnliche
20 Substanzen z. B. niederviskose Kohlenwasserstoffverbindungen mit mindestens einem Sauerstoffatom (z. B. mehrwertige Alkohole wie Polyglykole), Fettsäuren, Fettsäureester oder Polyetheralkohole usw. sind vorteilhaft. Die Beigabe sollte zweckmäßig Viskositäten unter 500 mPas haben, vorzugsweise < 100 mPas. Besonders geeignet ist der Bereich von 1—200 mPas.

Die zum Binden des Staubes verwendete Beigabe (Öl- oder Klebeanteil) an der pulverförmigen Füllmasse sollte zweckmäßig unter 5 Vol.% gewählt werden, vorzugsweise zwischen 1 Vol.% und 3 Vol.%.

25 Im Rahmen der Erfindung sind als Beigabe auch sonstige Bindemittel z. B. Klebemittel in besonderer Weise geeignet, wie etwa niederviskose PVC-Weichmacher auf der Basis von Phthalsäureestern bzw. Adipinsäureester geeignet.

Durch die Beigabe in Form eines geringen Anteils an Öl oder sonstigen Bindematerialien wird nicht nur das
30 Stauben bei der Verarbeitung verhindert bzw. stark eingeschränkt, sondern es wird auch erreicht, daß dann die Mischung eine verbesserte Haftung in den Zwickelräumen der Kabelseele ergibt, so daß sie während der Verarbeitung weniger herausfällt, kaum eine Entmischung ergibt und trotzdem noch einfach entfernt werden kann.

Es kann auch zweckmäßig sein, die Adern der Kabelseele leicht mit Öl oder einer klebrigen Flüssigkeit zu
35 benetzen oder die gefüllte Seele ähnlich zu behandeln, um die Haftung der Füllmasse zu verbessern.

Kügelchen

Es ist zweckmäßig, der Füllmasse Kügelchen, insbesondere kompressible Kügelchen zuzusetzen, wobei
40 besonders der Einsatz von Hohlkügelchen vorteilhaft ist. Diese können z. B. aus Polyvinylidenchlorid bestehen (z. B. "Expancel 551 DE" der Firma Expancel). Besonders der Einsatz von Hohlkügelchen aus Polyacrylat ist erstrebenswert (z. B. "Expancel 091 DE" der Firma Expancel). Derartige Hohlkügelchen haben den Vorteil, daß sie leicht, bezogen auf das Volumen billig sind und günstige dielektrische Eigenschaften aufweisen, was insbesondere im Hinblick auf den Einsatz bei elektrischen Kabeln von Vorteil ist. Sie sind ungefährlich in der Verarbei-
45 tung und die letztgenannten können, da sie keine Halogene enthalten, einfach entsorgt werden.

Die Kügelchen sollten zweckmäßig einen Durchmesser zwischen 5 µm und 100 µm im unkomprimierten Zustand aufweisen, also in der Größenordnung der Quellpulverteilen liegen. Ein Zusatz von Hohlkügelchen in der Füllmasse hat zusätzlich noch den besonderen Vorteil, daß diese Hohlkügelchen ebenfalls mit dazu beitra-
50 gen, das Aneinanderkleben oder -haften von Quellpulverteilen zu verhindern. Die Quellpulverteilen werden durch die Hohlkügelchen bei entsprechender Aufbereitung, d. h. feiner Vermischung mit dem pulverförmigen Füllmaterial voneinander getrennt und einer Klumpenbildung wird somit entgegen gewirkt. Man sollte stets darauf achten, daß dem Wasser auf kleinsten Raum eine große Quellpulverfläche angeboten wird, um eine hohe Quellgeschwindigkeit zu erzielen.

Die Anwendung der Erfindung ist sowohl für elektrische als auch für optische Kabel möglich. Da die
55 Anforderungen in beiden Fällen teilweise unterschiedlich sind, werden diese nachfolgend getrennt abgehandelt.

Elektrische Kabel

Für Starkstromkabel haben die dielektrischen Eigenschaften von Mischungen aus Quellpulvern und anderen
60 Pulvern nur geringe Bedeutung, so daß in erster Linie billige Pulverbeimischungen gewählt werden können oder Pulver, die flammhemmende Eigenschaften haben. Bei Nachrichtenkabeln beeinflussen die Füllungen zwischen den Adern und unter dem Mantel entscheidend die Übertragungseigenschaften. Erstrebenswert sind Dielektrizitätszahlen (=relative Dielektrizitätskonstanten ϵ) und dielektrische Verluste dieser Füllungen, die möglichst nahe an der Eigenschaft von Luft liegen, also ϵ nahe 1 und Verlustfaktoren im gesamten Frequenzgebiet nahe 0
65 haben.

Pulverfüllungen gemäß der Erfindung haben den Vorteil, daß sie zwischen ihren Körnchen hohe Luftanteile, insbesondere etwa 30 bis 70 Vol.% Luft enthalten können. Nimmt man eine Mischung, deren Pulverteilen ein ϵ = 3 haben und geht man davon aus, daß diese festen Teilchen einen Raum zu 50 Vol.% ausfüllen, so ist die

Dielektrizitätszahl der Mischung immer noch kleiner als bei der Füllung mit derzeit üblichem Petrolat mit $\epsilon = 2,25$. Man kann also zu dem Quellschuttpulver zusätzlich weitere Pulveranteile z. B. als Füll- und Trennpulver geben, die dielektrisch nicht so hochwertig und damit billig sind und trotzdem ähnliche und sogar bessere Übertragungseigenschaften erreichen, wie bei mit Petrolat gefüllten Kabeln.

Noch günstiger werden die Verhältnisse, wenn man als Füllpulver dielektrisch hochwertige Substanzen, wie z. B. Polyolefinpulver (PE hat $\epsilon \sim 2,25$) verwendet. Da die Trennpulver und etwaige Öle bzw. Kleber insgesamt nur wenige Gew.% ausmachen, werden Füllungen mit deutlich günstigeren Eigenschaften als Petrolat erreicht.

Ganz besonders günstige dielektrische Eigenschaften werden erreicht, wenn man als Füllpartikel Mikrohohlkugeln (ggf. zusätzlich mit dielektrisch hochwertigen Pulvern gemischt) wählt. Die vorgesehenen Mikrohohlkugeln haben bei Schüttdichte Dielektrizitätszahlen um $\epsilon = 1,02$; also Werte, die sich nicht wesentlich von Luft unterscheiden.

Wenn hier und nachfolgend von "wahrem Volumen" und deren Vol.% die Rede ist, dann ist jeweils das Volumen ohne irgendwelche Luftzwischenräume gemeint und somit nicht das Schüttvolumen.

Setzt man z. B. eine Füllung gerechnet in Schüttvolumen voraus, die aus 40 Vol.% Mikrohohlkugeln, 5 Vol.% Quellschuttpulver, 2 Vol.% Paraffinöl, 5 Vol.% PE-Pulver und 3 Vol.% hochdispersem Siliziumdioxid besteht und die verbleibenden 45 Vol.% als ungefüllte Zwischenräume in der Kabelseele enthält, so kann man eine Dielektrizitätszahl unter 1,5 insbesondere von $\epsilon = 1,3$ bis 1,4 abschätzen.

Durch Verwendung noch günstigerer Mischungen mit einem Feststoffanteil < 10 Vol.% ist die Dielektrizitätszahl auch ungetrockneter Mischungen ähnlicher Art noch weiter herabzusetzen, z. B. auf $\epsilon = 1,2$. Dabei ist wichtig, daß es sich hierbei — außer beim Quellschuttpulver — um dielektrisch sehr hochwertige und nicht hygroskopische Bestandteile handelt und mit ihnen auch bei ungetrockneten Mischungen nur sehr wenig Wasser in die Kabel eingeschleppt wird.

Durch die niedrigen Dielektrizitätszahlen der genannten Mischungen ist es möglich, daß bei vorgegebener Betriebskapazität mit derartigen Mischungen gefüllte Nachrichtenkel nur ganz geringfügig dickere Adern haben müssen, als bei ungefüllten Kabeln.

Optische Kabel

Bei optischen Kabeln tritt neben die Notwendigkeit die Seelen mit entsprechenden Füllungen abzudichten vielfach zusätzlich das Problem der Abdichtung der Adern gegen Wasserzutritt, wobei insbesondere noch ganz entscheidende Forderungen an die mechanischen Eigenschaften der Aderfüllmasse bestehen.

Für den Einsatz als Seelenfüllmasse treffen die vorstehenden Überlegungen zu elektrischen Kabeln teilweise sinngemäß ebenfalls zu. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Seele außer Tragelementen, Seelenwicklungen und optischen Adern noch elektrische Adern enthält. Sind keine elektrischen Adern enthalten, so spielen die dielektrischen Eigenschaften keine Rolle.

Entscheidende zusätzliche mechanische Forderungen werden an die Füllmischungen gestellt, wenn sie als Aderfüllungen von optischen Adern dienen, die einen oder mehrere einzeln liegende oder zu Bündeln zusammengefaßte Lichtwellenleiter lose enthalten oder wenn sie bei Kompaktadern als Gleit- und Pufferschicht zwischen dem einzelnen Lichtwellenleiter und der ziemlich eng aufgebrachten Schutzhülle dienen. Ferner gelten diese Forderungen auch für die Abdichtung der Kammern in Kammerkabeln und von um ein Tragelement verseilte U-Profile, die sowohl einzelne Lichtwellenleiter wie auch Bündeln enthalten können. Füllmischungen, die mit den Lichtwellenleitern unmittelbar in Kontakt kommen (Aderfüllmassen), z. B. für Hohlkabel, Kompaktadern, Kammern, U-Profile oder dergleichen müssen so gewählt werden, daß sie unter allen Betriebsbedingungen eine ausreichende Beweglichkeit der Lichtwellenleiter zulassen und nicht zu unzulässigen lokalen Druckwirkungen auf die Lichtwellenleiter führen. Füllt man die unmittelbare Umgebung der Lichtwellenleiter (Hohlkabel, Kammern und U-Profile, usw.) weitgehend mit Quellschuttpulver-Pulvergemischen, so sollten alle Teilchen mindestens eine Größenordnung kleiner sein (z. B. unter $25 \mu\text{m}$), als die Außendurchmesser der mit Coating versehenen Lichtwellenleiter (also z. B. kleiner als $250 \mu\text{m}$), um lokale Druckspitzen und damit Mikrobiegungen und Dämpfungserhöhungen möglichst zu vermeiden. So kann man vorteilhaft Quellschuttpulver, vorteilhaft gemischt mit PE-Pulver, mit Teilchengrößen $< 10 \mu\text{m}$ verwenden, wobei diese Teilchen sehr dünn, mit Zusatzpulver als Trennmittel, wie z. B. hochdispersem Siliziumdioxid, überzogen sind und ggf. leicht mit Öl gebunden werden können.

Die vorgenannten Zusammensetzungen mit Mischungen aus Quellschuttpulver und Zusatzpulver sowie ggf. Füllpulver können vorteilhaft durch einen Anteil hochkompressibler Mikrohohlkugeln "verdünnt" werden. Alle Bestandteile können zweckmäßig mit wenig Trennmittel, z. B. hochdispersem Siliziumdioxid, überzogen und ggf. mit Öl o. dgl. leicht gebunden werden. In diesem Fall können die Quell- und Zusatz- sowie Füllpulver auch größere Teilchendurchmesser haben (ggf. sogar in der Größenordnung der Außendurchmesser der Lichtwellenleiter), da in diesem Fall durch die Abpolsterung mit den hochkompressiblen Hohlkugeln Druckspitzen vermieden werden. Derartige Mischungen sind beträchtlich billiger als die derzeit verwendeten Gelmassen.

Die gemäß der Erfindung zusammengesetzten Mischungen sind auch deshalb besonders vorteilhaft, weil sie praktisch nur aus Feststoffen bestehen und die Adermaterialien im vorgegebenen Einsatztemperaturbereich nicht beeinflussen. Die Auswahl der zulässigen Adermaterialien wird dadurch von der Füllmasse her praktisch nicht eingeschränkt.

Die Erfindungen und ihre Weiterbildungen werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein elektrisches Kabel mit Füllmasse als erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 2 ein teilweise gefülltes elektrisches Kabel,

Fig. 3 die Verteilung von Quellschuttpulver ohne Zusatzpulver im gequollenen Zustand,

Fig. 4 die Verteilung von Quellpulver mit gemäß der Erfindung zugegebenem Zusatzpulver als Trennpulver im gequollenen Zustand,

Fig. 5 die Verteilung von Quellpulver im ungequollenen Zustand mit Trennpulver sowie mit Hohlkugeln,

Fig. 6 im Querschnitt ein optisches Kabel, als weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 7 eine gefüllte optische Hohlader, als Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 8 eine Anlage zur Herstellung einer Füllmasse für ein elektrisches oder optisches Kabel nach der Erfindung.

In Fig. 1 ist ein elektrisches Kabel CA1 dargestellt, dessen ein- oder mehrschichtiger Außenmantel mit MA1 bezeichnet ist. Im Inneren sind vier elektrische Adern AD1 bis AD4 vorgesehen, die beispielsweise einen Sternvierer bilden. Die Erfindung ist mit Vorteil auch bei höheren oder niedrigeren Aderzahlen einsetzbar sowie auch bei Starkstromkabeln. Jede der Adern AD1 bis AD4 besteht aus einem elektrischen Leiter L1 bis L4, vorzugsweise aus Kupfer und einer äußeren Isolierung IS1 bis IS4 insbesondere aus Polyethylen. Die Zwickelräume sind ganz oder teilweise mit einer Füllmasse FS1 gefüllt, die mindestens ein Quellpulver und ein Zusatzpulver (z. B. hochdisperses Siliziumdioxid) enthält. Vorteilhaft kann auch ein Zusatz an Öl oder einem Kleber derart vorgesehen sein, das ein Stauben dieser Füllmasse FS1 möglichst weitgehend vermieden wird. Zusätzlich können in der Füllmasse hochelastische Kügelchen, insbesondere Hohlkugeln vorgesehen sein. Als sonstiges Füllmaterial kann ein feines Pulver, insbesondere Polyethylenpulver, zugefügt werden. Um ein besseres Haften zu gewährleisten, können zusätzlich die Oberflächen der Adern AD1 bis AD4 vor dem Aufbringen der Füllmasse FS1 mit einem Öl oder Klebmaterial beschichtet sein.

Wie bereits erwähnt, werden vielfach die freien Zwickelräume innerhalb der Kabelseele eines Kabels nach Fig. 1 nicht vollständig, sondern nur teilweise mit Füllmaterial FS1 gefüllt, insbesondere wenn in diesem Füllmaterial ein Quellpulver enthalten ist, das bei Zutritt von Wasser zu einer Volumenvergrößerung und damit zu einer Längsabdichtung des Kabels führt. Der durch die Füllmasse FS1 aufzufüllende Querschnitts-Raum beträgt im allgemeinen in der Größenordnung von etwa 50% oder weniger. Eine vollständige Füllung ist unter anderem auch deshalb nicht sinnvoll, weil diese vom Materialpreis her mehrfach teurer wäre, als die derzeit allgemein eingesetzten Petrolat-Füllungen. Weiterhin würde eine vollständige Füllung, bedingt durch die hohe Dielektrizitätszahl ϵ sowie durch einen höheren Verlustfaktor die Übertragungseigenschaften eines so gefüllten Kabels verschlechtern.

Aus diesem Grund wird deshalb im allgemeinen der Zwickelraum nur teilweise gefüllt. Bei heutigen üblichen Materialien für Quellpulver würde ein Volumenanteil in der Größenordnung von 5% an Festbestandteilen bereits ausreichen, um im gequollenen Zustand den gesamten Zwickelquerschnitt auszufüllen. In der Praxis hat sich gezeigt, daß bei einer teilweisen Ausfüllung der Hohlräume das Wasser bei Wassereintrich erst einige m weit ins Kabel vordringt, bis es infolge des Quellvorganges des Quellpulvers zu einer Abdichtung kommt.

Zur Erläuterung dieses unerwünschten Vorganges wird auf Fig. 2 und Fig. 3 Bezug genommen, wobei in Fig. 2 das Kabel nach Fig. 1 dargestellt ist, allerdings mit einem nur teilweise gefüllten Innenraum, d. h. neben den mit Füllmasse gefüllten Teilbereichen FSX gibt es Luftkammern LRX, in denen keine Füllmassen vorhanden sind. Infolge der Schwerkraft und der durch die Erschütterungen bedingten Einwirkungen auf die Füllmassenanteile FSX liegen letztere hauptsächlich im unteren Bereich in den jeweiligen Zwickeln am Mantel MA1 oder an den jeweiligen Adern AD1 bis AD4 an.

Auch wenn an sich genügend Quellpulver vorhanden ist, um bei einem Wasserzutritt die noch vorhandenen Lufteinschlüsse LRX vollständig auszufüllen, hat sich dennoch gezeigt, daß dieser Quell- und Füllvorgang bei Wasserzutritt nicht in ausreichendem Maße stattfindet. Dies dürfte, wie anhand von Fig. 3 näher erläutert, darauf zurückzuführen sein, daß außenliegende Quellpulverteilchen nach einem Quellvorgang den Wasserzutritt zu weiter innenliegenden Teilchen verhindern.

In Fig. 3 sind Quellpulverteilchen in ungequollenem, stark vergrößertem Zustand strichpunktiert im Außenbereich schematisch in zwei Lagen dargestellt und mit SO1 bis SO_n bezeichnet. Bei einem Wasserzutritt von außen, wie durch den Pfeil W angedeutet wird, vergrößern die in ihrer ursprünglichen Abmessung strichpunktiert dargestellten Teilchen SO1 bis SO_n ihr Volumen stark und nehmen die mit ausgezogenen Linien gezeichnete Struktur SO1* bis SO_n* an. Durch diesen Vorgang bilden die außenliegenden Quellpulverteilchen SO1* bis SO_n* eine Art Schutzhülle oder Schutzfilm FSXO und verhindern den weiteren Zutritt des Wassers W zu den darunterliegenden Quellpulverteilchen SU1 bis SU_n innerhalb der darunterliegenden Schicht FSXU. Diese können sich somit kaum oder gar nicht bzw. erst sehr spät an dem gewünschten Quellvorgang beteiligen und deshalb kann das Wasser unerwünscht weit vordringen, wobei dieser Vorgang um so stärker in Erscheinung tritt, je größer die Spalten in der Kabelseele sind, die nicht mit Füllmassen gefüllt sind. In Fig. 2 ist diese "Oberflächenversiegelung" durch die schraffiert angedeuteten Bereiche FSXO dargestellt, während die darunterliegenden nicht expandierten Teile des Quellpulvers der Füllmasse mit FSXU bezeichnet sind.

In Fig. 4 sind zur Verdeutlichung der durch die Erfindung ermöglichten Verbesserung ungequollene Quellpulverteilchen S1 bis S_n in stark vergrößerter Darstellung gezeichnet. Um zu verhindern, daß der in Fig. 3 gezeigte "Versiegelungseffekt" eintritt, sind die einzelnen Quellpulverteilchen S1 bis S_n im ungequollenen Zustand durch ein punktiert dargestelltes Zusatzpulver AP1 bis AP_n voneinander getrennt (Trennpulver). Dieses Trennpulver AP1 bis AP_n quillt bei Zutritt von Wasser nicht. Es ist zweckmäßig, hierfür insbesondere hochdisperses SiO₂ zu verwenden, wobei die Teilchengröße des Zusatzpulvers AP1 bis AP_n zweckmäßig wesentlich geringer gewählt wird als die Teilchengröße der Quellpulverteilchen S1 bis S_n. Besonders vorteilhaft ist, wenn diese Teilchengröße des Zusatzpulvers AP1 bis AP_n unter einem 1/10 der Teilchengröße der Quellpulverteilchen S1 bis S_n gewählt wird. Besonders zweckmäßig ist eine Art Bestauben der Oberflächen der Quellpulverteilchen S1 bis S_n in einer oder mehrerer Schichten, weil dann die größtmögliche Wirkung bei geringstmöglichem Materialeinsatz an trennendem Zusatzpulver AP1 bis AP_n erreicht wird. Bei einem etwaigen Wasserzutritt, angedeutet durch den Pfeil W, gelangen die Wassermoleküle nicht nur zu den oberen Lagen des Quellpulvers sondern auch zu den

darunterliegenden, weil die gesamte Lage aus Quellpulverteilchen S1 bis Sn auch beim einsetzenden Quellvorgang der äußeren Quellpulverteilchen, z. B. S1 und S2 weiterhin durch die dazwischenliegenden Anteile des als Trennmittel wirkenden Zusatzpulvers AP1 bis APn wasserdurchlässig bleibt, so daß sehr schnell und zuverlässig auch darunterliegende Schichten von Wasser erreicht werden und sich am Quellvorgang beteiligen.

Der in Fig. 4 dargestellte Trenneffekt durch die Partikel des Trennpulvers AP1 bis APn kann in vorteilhafter Weise noch weiter verbessert werden, wenn zusätzliche Maßnahmen vorgesehen werden, um eine noch bessere Trennung der Quellpulverteilchen zu erreichen. In Fig. 5 sind in vergrößertem Zustand wieder mehrere ungequollene Quellpulverteilchen S1 bis Sn dargestellt, wobei zusätzlich Hohlkugeln HK1 bis HKn vorgesehen sind. Diese Hohlkugeln sind innig mit den Quellpulverteilchen S1 bis Sn vermischt und separieren diese voneinander. Auf diese Weise ist bei Wasserzutritt, wie durch den Pfeil W angedeutet, eine verbesserte Wasserausbreitung auch zu unten liegenden Quellpulverteilchen noch besser möglich und diese behindern sich auch beim Quellvorgang gegenseitig weniger. Darüber hinaus kann es zweckmäßig sein, weitere Pulverteilchen WP1—WPn vorzusehen, insbesondere solche aus Kunststoffmaterial (z. B. Polyethylenpulver), die vorteilhaft kleiner sind als die ungequollenen Quellpulverteilchen S1 bis Sn und auch kleiner als die Hohlkugeln HK1 bis HKn. Bei entsprechender inniger Vermischung liegen diese weiteren Pulverteilchen WP1 bis WPn ebenfalls zwischen den größeren Quellpulverteilchen S1 bis Sn und den Hohlkugeln HK1 bis HKn und bewirken die Beibehaltung entsprechender Abstände und damit den erleichterten Zutritt für das Wasser auch zu tieferliegenden Quellpulverteilchen. Es ist auch möglich, z. B. nur Hohlkugeln HK1 bis HKn, Quellpulver S1 bis Sn sowie Zusatzpulver AP1 bis APn vorzusehen und ohne weitere Pulverzusätze, d. h. ohne die Teilchen WP1 bis WPn, bei der Herstellung der Füllmasse zu arbeiten. Andererseits ist es auch möglich, die Hohlkugeln HK1 bis HKn wegzulassen, so daß die Füllmasse im wesentlichen nur aus den Quellpulverteilchen S1 bis Sn, dem als Trennmittel wirkenden Zusatzpulver AP1 bis APn und den weiteren Pulverteilchen WP1 bis WPn zusammengesetzt ist.

I. Zusammensetzungen für elektrische Kabel

I.1. Bereichsangaben von Füllmassen für elektrische Kabel

Für elektrische Kabel etwa nach Fig. 1 oder 2 sind folgende Bereiche der Zusammensetzungen besonders zweckmäßig, wobei, wenn nicht anders angegeben, nachfolgend bei den Angaben über die Anteile immer wahre Vol.% der Teilchen gemeint sind und somit die Luft zwischen den Partikeln nicht mit eingerechnet wird. Das Quellpulver ist stets im ungequollenen Zustand, d. h. trocken vorausgesetzt. Die Füllmasse FS1 nach Fig. 1 oder FSX nach Fig. 2 sollte also in ihrer Gesamtheit zweckmäßig enthalten:

I.1.a Zusammensetzung der Füllmasse aus Quellpulver und Zusatzpulver:

Quellpulver S1 bis Sn zwischen 94 Vol.% und 99,9 Vol.%, bevorzugt 98 Vol.% bis 99,9 Vol.%,
Trennpulver AP1 bis APn zwischen 6 Vol.% und 0,1 Vol.%, bevorzugt 2 Vol.% bis 0,1 Vol.%. 35

Diese Mischung ist, wegen ihrer weniger günstigen Werte der relativen Dielektrizitätskonstante besonders für Starkstromkabel geeignet. 40

I.1.b Zusammensetzung der Füllmasse aus Quellpulver, trennendem Zusatzpulver und weiteren Füllpulveranteilen:

Quellpulver S1 bis Sn zwischen 10 Vol.% und 70 Vol.%, bevorzugt zwischen 20 Vol.% und 40 Vol.%,
Zusatzpulver AP1 bis APn als Trennpulver zwischen 0,1 Vol.% und 6 Vol.%, bevorzugt 0,1 Vol.% bis 3 Vol.%,
weitere Füllpulveranteile WP1 bis WPn zwischen 85 Vol.% und 30 Vol.%, bevorzugt 80 Vol.% bis 50 Vol.%. 45

Diese Mischung ist sowohl für Starkstromkabel als auch für elektrische Nachrichtenkabel geeignet.

Die Zusammensetzung ist hier und in den folgenden Beispielen innerhalb der angegebenen Bereiche frei wählbar, (also z. B. 65 Vol.% S1 bis Sn plus 5 Vol.% AP1 bis APn plus 30 Vol.% WP1 bis WPn), wobei die Gesamtsumme der einzelnen Vol.% des wahren Volumens jeweils 100% ergeben muß. 50

I.1.c Füllmasse wie I.1.b, jedoch zusätzlich zum Vermeiden des Staubens einen Öl- bzw. Kleberzusatz zwischen 1 Vol.% bis 5 Vol.%, bevorzugt 1 Vol.% bis 3 Vol.%. 55

Die Mischungen nach b) und c) sind sowohl für Starkstromkabel als auch für elektrische Nachrichtenkabel geeignet.

I.1.d Füllmasse mit Quellpulver, Zusatzpulver als Trennpulver, weiteren Füllpulveranteilen sowie Hohlkörperchen: 60

Quellpulver S1 bis Sn zwischen 3 Vol.% und 50 Vol.%, bevorzugt 3 Vol.% bis 10 Vol.%,
Zusatzpulver AP1 bis APn als Trennpulver zwischen 0,5 Vol.% und 6 Vol.%, bevorzugt 1 Vol.% bis 2 Vol.%,
weitere Füllpulveranteile WP1 bis WPn zwischen 0 Vol.% und 60 Vol.%, bevorzugt 10 Vol.% bis 30 Vol.%,
Öl- bzw. Klebematerial zur Vermeidung des Staubens zwischen 0,5 Vol.% bis 5 Vol.%, bevorzugt 1 Vol.% bis 3 Vol.%,
elastische Hohlkörperchen HK1 bis HKn zwischen 10 Vol.% bis 90 Vol.%, bevorzugt 50 Vol.% bis 90 Vol.%. 65

Diese Mischung ist besonders günstig für elektrische Nachrichtenkabel geeignet.

1.2. Einzelne Zusammensetzungen für elektrische Kabel:

5 Nachfolgend werden besonders bevorzugte Mischungen, gerechnet in Schüttvolumen (also nicht in wahren Volumen) angegeben. Eine erste Füllmischung besteht aus:

12.a 5 Vol.% Quellpulver S1 bis Sn mit mittlerer Teilchengröße von 30 µm,
1 Vol.% hochdisperses Siliziumdioxid (AP1 bis APn) mit Teilchengröße 0,01 µm,
10 5 Vol.% weiterem Füllpulveranteilen WP1 bis WPn (PE-Pulver) mit mittlerer Teilchengröße von 10 µm,
40 Vol.% elastische Hohlkugeln (HK1 bis HKn) mit 40 µm, 2 Vol.% Weißöl,
47 Vol.% Luft in den Zwischenräumen.

15 Nach intensiver Durchmischung sind alle Teilchen mit einer mehrlagigen, vorzugsweise etwa in der Größenordnung von etwa zehnlagigen Schichten (entspricht etwa einer Schichtdicke von 0,1 µm) mit hochdisperses Siliziumdioxid umgeben und hierdurch voneinander mechanisch ausreichend getrennt. In diesem Fall beträgt der mittlere Abstand zwischen den Quellpulverteilchen etwa 75 µm und zwischen den Teilchen des weiteren Pulvers WP1 bis WPn (z. B. PE-Pulver) etwa 25 µm. Dies entspricht in etwa den Größenverhältnissen, wie sie in der Zeichnung nach Fig. 5 dargestellt sind.

20 Dringt Wasser in ein Kabel ein, das mit der erwähnten vorgenannten Mischung mit Schüttdichte praktisch vollständig gefüllt ist, so kommt es zunächst, bedingt durch die engen Kapillaren, zu einer geringen Ausbreitung des Wassers im Oberflächenbereich. Dieser Vorgang wird auch dadurch gehemmt, daß die Oberflächen der Teilchen wegen des Ölzusatzes ganz dünne Ölfilme tragen und es zur Kapillardepression kommt. Nach einem sehr kurzen Weg trifft das Wasser auf viele Quellpulverteilchen vor der Wasserfront, die bedingt durch die
25 Mischungsstruktur jedoch praktisch alle am Quellvorgang teilnehmen können. Die Wasserfront kommt somit nach nur sehr kurzer Vorwärtsbewegung zum Stehen, weil eine sehr große Zahl von Quellpulverteilchen S1 bis Sn durch ihre Volumenvergrößerung das weitere Ausbreiten des Wassers innerhalb eines räumlich sehr eng begrenzten Bereiches bereits ausreichend verhindert. Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich, daß es zweckmäßig ist, möglichst feine Quellpulver zu verwenden und ihre gegenseitige Agglomeration möglichst
30 weitgehend zu verhindern, um nur die mittleren Abstände der Teilchen klein zu halten und möglichst alle in der vordringenden Wasserfront liegenden Quellpulverteilchen möglichst schnell und unverzüglich am Quellprozeß teilnehmen zu lassen. Zu diesem schnellen Vordringen der Wasserfront zu möglichst vielen Quellpulverteilchen innerhalb eines engen Raumbereiches tragen die Teilchen des Zusatzpulvers AP1 bis APn, außerdem etwaigen weiteren Pulverteilchen WP1 bis WPn und schließlich auch die Hohlkugeln HK1 bis HKn bei, weil sie, wie
35 aus Fig. 5 ersichtlich ist, alle mit dazu helfen, daß eine Agglomeration und ein festes Aneinanderlagern oder -backen der Quellpulverteilchen S1 bis Sn möglichst weitgehend verhindert wird. Je besser die Vermischung der verschiedenen Teilchen, desto größer ist die gewünschte Wirkung. Diese trennenden Teilchen sind immer dann von Bedeutung, wenn die Quellpulverteilchen S1 bis Sn zum Verklumpen neigen.

40 12.b Für die Füllung von Nachrichtenkabeln, insbesondere Kupfer-Ortskabeln, ist folgende Mischung (Vol.%-Angaben in wahren Volumen, d. h. nur Volumen der Teilchen bzw. des Öles — kein Schüttvolumen) zweckmäßig:
66,5 Gew.% "PECMA 200"-Pulver = 77,75 Vol.%,
32 Gew.% "SANWET 3746-1" = 21 Vol.%,
45 1 Gew.% Weißöl = 1 Vol.%,
0,5 Gew.% "Aerosil" = 0,25 Vol.%.

"PECMA 200" ist ein Polyethylenpulver der Firma Interorgana Köln, das zur Kabelmantelsignierung mit Teilchengrößen von etwa 150 µm verwendet wird.

50 "SUNWET 3746-1" der Firma Höchst in ein nachgemahlenes, auf Teilchengröße unter 50 µm gesiebt und getrocknetes mit Weißöl (= Paraffinöl) phlegmatisiertes Quellpulver auf der Basis eines polyacrysauren Natriumsalzes. Die Mischung hat eine Schüttdichte von 0,5 g/cm³, d. h. der Volumenanteil des dielektrisch weniger hochwertigen Quellpulvers an der Mischung bei Schüttdichte ist nur geringfügig größer als 10%, wenn ein Luftanteil in der Größenordnung von etwa 50% vorausgesetzt wird.

55 12.c Eine weitere Mischung wies je Liter folgende Zusammensetzung auf, wobei das Schüttvolumen angegeben ist:

60

65

40 g	"LANCO-Wachs PE 1502"	=	42,1 cm ³	=	4,2 Vol. %	
58 g	"SUNWET 3746-1"	=	36,3 cm ³	=	3,6 Vol. %	
1 g	"WACKER HDKH20"	=	0,45 cm ³	=	0,05 Vol. %	5
2 g	Weißöl	=	2,25 cm ³	=	0,22 Vol. %	
12 g	"EXPANCEL DE 551"	=	289,2 cm ³	=	28,93 Vol. %	
113g			170,00 cm ³		37,00 Vol. %	10

Der Luftanteil in den Zwickeln zwischen den Pulveranteilen beträgt somit 63 Vol. %.

Das "LANCO-Wachs PE 1502" ist ein PE-Pulver der Firma Langer und Co. D-27721 Ritterhude Ihlpohl mit Teilchengrößen um 15 µm. "WACKER HDK H20" ist ein hochdisperses Siliziumdioxid mit Teilchengrößen um 0,015 µm der Fa. Wacker Chemie, "EXPANCEL DE 551" sind Mikrohohlkugeln der Firma Expancel auf der Basis eines Polyvinyliden-Acrylnitril-Copolymers mit etwa 40 µm Außendurchmesser im unkomprimierten Zustand. Diese Hohlkugeln haben sehr dünne Wandungen, so daß sie volumenmäßig im wesentlichen aus Luft-Gasfüllung bestehen und bei einer Menge von 12 g nur 7,5 cm³ Wandmaterial (= wahres Volumen) vorhanden ist. Die angegebene Mischung besteht bei Schüttdichte also nur aus etwa 9 Vol. % des Festkörpermateri- 20
als und des Öles und 91% Gas, was natürlich besonders günstige Eigenschaften auf die relative Dielektrizitätskonstante sowie den Verlustfaktor hat.

Zum besseren Verständnis sind nachstehend die für die letztgenannte Mischung angegebenen Gewichtspro- 25
zente und ihre Volumenprozentage bezogen auf das wahre Volumen (d. h. die Luft in Zwickelräumen nicht eingeschlossen) angegeben:

		wahres Volumen	
LANCO-Wachs	35,4 Gew. %	= 11,5 Vol. %	30
SUNWET	51,3 Gew. %	= 9,8 Vol. %	
WACKER HDKH20	0,9 Gew. %	= 0,1 Vol. %	
Weißöl	1,8 Gew. %	= 0,6 Vol. %	35
EXPANCEL	10,6 Gew. %	= 78 Vol. %	
	100 Gew. %	100 Vol. %	40

Die relative Dielektrizitätskonstante ϵ bei Schüttdichte und ungetrocknet war bei 1 kHz $\epsilon_r = 1,21$ und ergab sich abnehmend bei 1 MHz auf $\epsilon = 1,16$. Die Verlustfaktoren betragen bei den genannten Frequenzen: $\tan\delta(1 \text{ kHz}) = 88 \times 10^{-4}$ und bei 1 MHz $\tan\delta = 43 \times 10^{-4}$.

In Fig. 6 ist ein optisches Kabel CA2 dargestellt, dessen ein- oder mehrschichtiger Außenmantel mit MA2 bezeichnet ist. Die Zwickelräume sind ganz oder teilweise mit einer Füllmasse FS2 gefüllt. Hinsichtlich der Füllung gelten die im Zusammenhang mit elektrischen Kabeln entsprechend den Fig. 1 und 2 gemachten Ausführungen sinngemäß. Die Seelenfüllmasse FS2 enthält mindestens ein Quellpulver und ein Zusatzpulver als Trennpulver sowie vorteilhaft einen Zusatz an Öl- oder Klebmaterial derart, daß ein Stauben dieser Füllmasse möglichst weitgehend verhindert wird. Die Füllmasse FS2 kann zusätzlich auch hochelastische Kügelchen enthalten. Als weiteres Füllmaterial kann ggf. ein Kunststoffpulver, z. B. ein Polyethylenpulver zugefügt sein. Um ein besseres Haften zu gewährleisten, können die Oberflächen der Lichtwellenleiteradern GA1 bis GA3 vor dem Aufbringen der Füllmasse FS2 mit einem Öl- oder Klebmaterial beschichtet sein. Diese Füllmasse FS2 füllt die Zwickelräume zwischen den Lichtwellenleitern GA1 bis GA3 vollständig oder teilweise aus.

Die Lichtwellenleiteradern GA1 bis GA3 bestehen jeweils aus einer Schutzhülle SH1 bis SH3 aus Kunststoffmaterial (ein- oder mehrschichtig), wobei im Inneren jeweils mindestens ein Lichtwellenleiter LW1 bis LW3 vorgesehen ist, der außen mit einer ebenfalls aus Kunststoffmaterial bestehenden Schutzschicht (Coating) CT1 bis CT3 versehen ist. Anstelle eines einzelnen Lichtwellenleiters können auch mehrere Lichtwellenleiter im Inneren an einer gemeinsamen Schutzhülle SH1 bis SH3 angeordnet sein (Bündelader o. dgl.).

Als Seelenfüllmasse FS2 für ein derartiges optisches Kabel CA2 sind die vorstehend unter den Beispielen I.1.a, b, c und d für elektrische Kabel aufgeführten Mischungen ebenfalls einsetzbar. Wenn gemischt sowohl elektrische als auch optische Adern innerhalb eines Kabelaußenmantels MA2 angeordnet werden, dann sind, da es sich dabei im allgemeinen um Nachrichtenkabel handelt, besonders die unter I.1.b, c und d genannten Füllmassen verwendbar.

Die Lichtwellenleiteradern GA1 können auch als Kompaktadern aufgebaut sein, wobei zwischen der äußeren Aderhülle SH1 bis SH3 und dem Schutzüberzug CT1 bis CT3 der Lichtwellenleiter LW1 bis LW3 z. B. ebenfalls ein Gleitmaterial und/oder verschäumter Kunststoff vorgesehen sein kann.

Fig. 7 zeigt in vergrößert er Darstellung den Aufbau einer Lichtwellenleiterader GA, in deren Innerem ein

Lichtwellenleiter LWC vorgesehen ist, der die eigentliche optische Übertragungsfaser LW sowie die zugehörige äußere Schutzschicht CT aufweist. Diese Lichtwellenleiterader kann als Vollader, Kompaktader oder — wie dargestellt — Hohladader bzw. Bündelader aufgebaut sein und somit einen oder mehrere Lichtwellenleiter in loser oder fester Anordnung enthalten. Mehrere Lichtwellenleiter können auch zu Bändchen zusammengefaßt und diese Bändchen können ggf. gestapelt im Inneren der Schutzhülle SH angeordnet sein. Für die Ausfüllung der Zwischenräume innerhalb der Schutzhülle SH ist eine Aderfüllmasse FC vorgesehen, wobei hierfür besonders Mischungen entsprechend den Beispielen I.1.a bis d einsetzbar sind. Besonders bevorzugt sind solche Mischungen anwendbar, die — wie beim Beispiel I.1.d — kompressible Hohlkugeln enthalten, weil dadurch eine gute Polsterung der Lichtwellenleiter erreicht wird. Der oder die mit einer Schutzschicht versehenen Lichtwellenleiter LWC liegen innerhalb der rohrförmigen Schutzhülle SH und die hier verwendete Aderfüllmasse FC sollte mindestens ein Quellpulver enthalten, wobei die einzelnen Teilchen des Quellpulvers zweckmäßig so einzubringen sind, daß die Beweglichkeit des oder der Lichtwellenleiter LWC unter allen Betriebsbedingungen ausreichend gewährleistet ist. Die Aderfüllmasse FC sollte also keine zu hohe Schüttdichte aufweisen. Es ist hier darauf hinzuweisen, daß die zu verwendenden Quellpulver bei Wasserzutritt keinen besonderen Quelldruck entwickeln und somit in diesem Fall keine unerwünschten lokalen Druckkräfte auf den oder die Lichtwellenleiter LWC ausüben. Im Falle eines Zutritts von Wasser entsteht aus dem Quellpulver nur eine gelartige Substanz, in der sich die Lichtwellenleiter noch ausreichend bewegen können.

Etwaige weitere Füllpulveranteile (z. B. sehr feines PE-Pulver) entsprechend dem Beispiel I.1.c oder d können zur Verbilligung der Füllung hinzugefügt werden, wobei die vorstehend zur Teilchengröße angestellten Überlegungen sinngemäß ebenfalls gelten.

Besonders günstige Eigenschaften werden, wie bereits erwähnt, erhalten, wenn neben dem Quellpulver und dem als Trennpulver wirkenden Zusatzpulver (sowie etwaigen weiteren Füllpulver) zusätzlich noch ein möglichst hoher Anteil an hochelastischen Mikrohohlkugeln beigelegt wird. Bei Verwendung von hochelastischen Hohlkugeln, die wahre Dichten von 40 kg/m^3 und Teilchengrößen von $40 \text{ }\mu\text{m}$ mit ganz dünnen Wänden aufweisen, ergibt das als Zusatzpulver zugegebene Trennmittel, vorzugsweise in Form von hochdisperssem Siliziumdioxid, neben einer Verbesserung beim Wasserzutritt (Verhinderung von Klumpenbildung) auch eine größere Beweglichkeit dieser Teilchen untereinander. Zur Vermeidung von Stauben und zu einer besseren Haftung können auch, wie bereits bei den vorhergehenden Beispielen erwähnt, geringe Mengen an Öl oder Klebmaterial zugegeben werden. Um möglichst keine lokalen Druckspitzen auf den oder die Lichtwellenleiter auszuüben, sollten die Teilchengrößen der verwendeten Teilchen deutlich kleiner gewählt werden, als die Durchmesser des oder der Lichtwellenleiter LWC, d. h. im allgemeinen deutlich unter $250 \text{ }\mu\text{m}$. Bevorzugt sind im Rahmen von Aderfüllmassen Teilchengrößen der für die Füllmasse FC verwendeten Teilchen zwischen $100 \text{ }\mu\text{m}$ und $1 \text{ }\mu\text{m}$, bevorzugt um $1 \text{ }\mu\text{m}$ bis $10 \text{ }\mu\text{m}$ vorzusehen. Da solche Feinstaubpulver problematisch zu verarbeiten sind, sollte ihnen zweckmäßigerweise ein Phlegmatisierungsmittel zum Verhindern des Staubens beigegeben werden, insbesondere in Form von Öl und/oder einem Klebmaterial. Auch hier haben die feinen Zusatzpulver und ggf. weitere Pulveranteile (z. B. PE-Pulver) den Vorteil, daß sie ein besonders schnelles Ansprechverhalten bei der Quellung bei Wasserzutritt zeigen, weil durch ihre Oberflächenbehandlung ein Klumpen weitgehend verhindert wird. Die im Zusammenhang mit den Fig. 4 und 5 angestellten Überlegungen gelten auch hier sinngemäß.

Werden bei Aderfüllmassen Hohlkugeln verwendet, sollten diese Wandstärken von etwa $0,4$ bis etwa $0,5 \text{ }\mu\text{m}$ haben ("EXPANCEL 551 DE" der Firma Expancel). Diese haben wahre Dichten von 28 kg/m^3 und Teilchengrößen von etwa $40 \text{ }\mu\text{m}$.

"EXPANCEL 091 DE" der Firma Expancel Nobel Industries ergibt z. B. Schüttdichten von 20 g/l . Volumenmäßig entspricht diese Dichte einer Verschäumung (z. B. bei einer Kompaktader) zwischen 98 und $99 \text{ Vol.}\%$. Durch Zumischen von Quellpulver und anderen Füllsubstanzen wird der Anteil an Festkörpervolumenmaterial natürlich höher, wie das Beispiel I.2.c zeigt, bei dem ein Festkörpervolumenanteil von $9 \text{ Vol.}\%$ bestimmt wurde, ist auch bei dieser Füllung eine weiche Einbettung der Lichtwellenleiter gewährleistet.

Bei entsprechend hohen Anteilen an Mikrohohlkugeln ist es verständlich, daß nur relativ wenig Quellpulver gebraucht wird. Zum einen deshalb, weil ein hoher Anteil des abzudichtenden Volumens mit den Mikrohohlkugeln ausgefüllt ist. Bei Wasserzutritt ist der Vortrieb des Wassers durch das von den Hohlkugeln und die anderen Füllpulver gebildete sehr engen Kapillarsystem stark gebremst und weiterhin wird durch die räumliche Trennung der Quellpulverteilen durch die Trennpulver auf der einen Seite und durch die Hohlkugeln und Füllpulverteilen auf der anderen Seite durch die Hohlkugeln auf der anderen Seite ein Klumpen des Quellpulvers bei Wasserzutritt verhindert. Es ist also bei einem Wassereintritt nur mit einem sehr kurzen Vordringen der Wasserfront auch bei geringen Quellpulveranteilen und ggf. nicht vollständiger Füllung zu rechnen, und das vorhandene Quellpulver bleibt stets voll wirksam. Eine teilweise oder weitgehende Füllung des Innenraumes der Hohladern mit hochelastischen Hohlkugeln, zwischen denen sich vergleichsweise wenig Quellpulverteilen bzw. Teilchen aus sonstigen zusätzlich eingeführten Pulvern befinden, setzt einer Verschiebung der Lichtwellenleiter LWC nur wenig Widerstand entgegen, gleicht lokale Druckspitzen aus und bewirkt eine gewisse Abpolsterung der Lichtwellenleiter untereinander (bei mehreren Lichtwellenleitern innerhalb der Schutzhülle SH) sowie gegen die äußere Wandung SH. Die Verwendung von Quellpulverteilen mit Durchmessern in den Größenordnungen von 1 bis $10 \text{ }\mu\text{m}$ führt im allgemeinen nicht zu lokalen Druckspitzen und damit Dämpfungserhöhungen bei den Lichtwellenleitern. Da solche sehr fein gemahlene Quellpulverteilen einen gewissen Aufwand darstellen, weil eine derartige Feinheit nicht mit üblichen Mühlen ohne weiteres erreicht werden kann und hierfür Strahlmühlen verwendet werden müssen, ist es zweckmäßig, für die Polsterwirkung besonders auf die hochelastischen und sehr kompressiven Hohlkugeln zu setzen. Bei entsprechend großen und hochelastischen Hohlkugeln können auch größere Quellpulverteilen verwendet werden wie z. B. "SANWET 3746-1" (Firma Höchst), deren Teilchengrößen im Bereich $\leq 50 \text{ }\mu\text{m}$ liegen.

Das Einbringen der Füllmasse FC kann zweckmäßig so erfolgen, daß der oder die Lichtwellenleiter LWC entsprechend Fig. 7 mit einer sehr dünnen Schicht eines Haftmittels überzogen wird. Als Haftmittel kann ein Öl und/oder ein Klebemittel verwendet werden. Durch Aufsprühen oder durch Auftragen mit einem Filz oder Schwamm wird die Oberfläche der Lichtwellenleiter entsprechend benetzt, und anschließend kann durch ein Wirbelbett die eigentliche Füllmasse FC aufgebracht werden, bevor die äußere Schutzhülle SH durch Extrusion aufgebracht wird. Es ist aber auch möglich, die Füllmischung FC durch elektrostatische Verfahren aufzutragen, wobei auf den aus Isoliermaterial bestehenden Lichtwellenleiter (Coating) eine entsprechende Ladung aufgebracht wird. Anstelle von Hohlkugeln können auch noch nicht expandierte Kügelchen verwendet werden, die nach dem Auftragen auf den Lichtwellenleiter z. B. in einer Heizstrecke oder im Aderhüllen-Extruder infolge der Wärmezuführung auf ihre Endgröße expandieren. Eine weitere Möglichkeit für die Aufbringung besteht darin, Hohlkugeln oder nicht expandierte Teilchen zunächst in einem separaten Arbeitsgang auf die Lichtwellenleiter aufzubringen (insbesondere auf einen mit Kleber oder Öl beschichteten Lichtwellenleiter) und in einem weiteren Schritt erst das Quellpulver bzw. das Quellpulvergemisch aufzutragen. In diesem Fall ist jeder Lichtwellenleiter mit einer hochelastischen Polsterschicht aus Kügelchen versehen. Gegebenenfalls kann auch zusätzlich nach dem Aufbringen des Pulvergemisches FC und bevor die Schutzhülle SH aufextrudiert wird nochmals ein Haftmittel leicht aufgesprüht werden, um das Abfallen der so aufgetragenen Beschichtung von dem Lichtwellenleiter LWL zu verhindern. Mit den vorstehend genannten Maßnahmen lassen sich eine Reihe von Vorteilen erzielen, insbesondere eine erhebliche Verbilligung der Röhrenfüllmischung, weil keine hochwertigen Materialien benötigt werden und die verwendeten Gewichtsanteile (infolge des geringen spezifischen Gewichts) sehr gering gehalten werden können. Da somit die Füllung weitestgehend aus Luft und preiswerten Feststoffen besteht, hat sie keine ungünstige Wechselwirkung mit dem Wandungsmaterial SH der Lichtwellenleiteradern und dem Coating CT der Lichtwellenleiter LWC. Dadurch läßt sich die Auswahlmöglichkeiten für verwendbare Wandungsmaterialien der Röhren oder Schutzhüllen im Vergleich zum Einsatz von pastenförmigen Aderfüllmassen mit entsprechend hohen Ölbestandteilen erheblich erweitern. Weiterhin ist vorteilhaft, daß bei längerer Lagerzeit keine Probleme mit einem Abtropfen der Aderfüllmasse auftreten und es auch bei höheren Temperaturen zu keinem Auslaufen der Aderfüllmasse kommt. Weiterhin ist der sonst bei pastösen Aderfüllmassen zu beachtende Temperaturgang vermieden, weil die mechanischen Eigenschaften der im wesentlichen pulverförmigen Füllmasse nicht oder nur in sehr geringem Umfang temperaturabhängig sind und zwar im Gegensatz zu pastösen Füllmassen. Ein weiterer Vorteil, insbesondere im Hinblick auf Spleißvorgänge, ist darin zu sehen, daß die Aderfüllung (entsprechend Fig. 7) wie auch die Seelenfüllung (entsprechend Fig. 6) leicht zu entfernen ist.

Die Verwendung von Quellpulver als Aderfüllmasse hat noch einen weiteren Vorteil. Wie schon erwähnt, dringt bei Wassereinbruch dieses nur ganz kurze Strecken (und deshalb in nur ganz geringer Menge) in das Innere der Schutzhülle SH der Lichtwellenleiterader GA nach Fig. 7 ein. Wasser und Quellpulver bilden dabei ein weiches Gel, das, wenn es zu Temperaturen deutlich unter 0°C kommt, keine feste Masse wie Eis bildet. Eine derartige Lichtwellenleiterader ist also besser gegen die nachteiligen Wirkungen der Eisbildung bei eingedrun- genem Wasser geschützt als herkömmliche Füllmassen. Ein durch eventuelles Restwasser oder durch die Gelierung der Quellpulveranteile entstehender Druck wird weitgehend aufgenommen, wenn Hohlkugeln vorhanden sind, die dann eine zusätzliche Komprimierung erfahren. Auch in diesem Fall kommt es zu keinen lokalen Dämpfungserhöhungen bei dem oder den Lichtwellenleitern.

II. Zusammensetzungen für optische Kabel

II.1. Bereichsangaben von Füllmassen für optische Adern (z. B. für Hohladern, Kompaktadern, Bündeladern usw. analog Fig. 7 mit direkter Berührung zwischen Lichtwellenleiter und Füllmasse)

Alle Werte sind in wahren Volumenprozenten angegeben.

II.1.a

Quellpulver S1 — Sn zwischen
94 Vol.% und 99,9 Vol.%, bevorzugt 96 Vol.% bis 99 Vol.%
Trennpulver AP1 — APn zwischen
6 Vol.% bis 0,1 Vol.%, bevorzugt 0,1 Vol.% bis 2 Vol.%

II.1.b

Quellpulver S1 — Sn zwischen
93,5 Vol.% und 99 Vol.%, bevorzugt 96 Vol.% bis 99 Vol.%
Trennpulver AP1 — APn zwischen
0,1 Vol.% bis 6 Vol.%, bevorzugt 0,1 Vol.% bis 2 Vol.%
Öl bzw. Kleber zwischen
0,5 Vol.% bis 5 Vol.%, bevorzugt 1 Vol.% bis 3 Vol.%

II.1.c

Quellpulver S1 — Sn zwischen 5 Vol.% und 50 Vol.%, bevorzugt 10 Vol.% bis 40 Vol.%
Trennpulver AP1 — APn zwischen
0,1 Vol.% bis 6 Vol.%, bevorzugt 0,1 Vol.% bis 3 Vol.%
Öl bzw. Kleber zwischen
0,5 Vol.% bis 5 Vol.%, bevorzugt 1 Vol.% bis 3 Vol.%
Füllpulveranteile zwischen 49 Vol.% bis 94 Vol.%

- II.1.d Quellschüttung S1 — S_n zwischen
 3 Vol.% und 50 Vol.%, bevorzugt 4 bis 20 Vol.%
 Trennpulver AP1 — AP_n zwischen
 0,1 Vol.% und 6 Vol.%, bevorzugt 0,1 Vol.% bis 3 Vol.%
 5 Öl bzw. Kleber zwischen
 0,5 Vol.% und 5 Vol.%, bevorzugt 1 Vol.% bis 3 Vol.%
 Füllpulveranteile WP1 — WP_n zwischen
 0 Vol.% bis 30 Vol.%, bevorzugt 0 Vol.% bis 20 Vol.%
 Hohlkugeln HK1 — HK_n zwischen
 10 49 Vol.% bis 96 Vol.%, bevorzugt 60 Vol.% bis 90 Vol.%.
 15

Für die Füllung der Nuten von Kammerkabeln oder U-Profilen, die separate LWL oder zu Bündeln zusammengefaßte LWL enthalten, gelten die vorstehenden Ausführungen sinngemäß, wobei die Mischung II.1.d bevorzugt wird.

- Bei Kompaktadern werden nur ganz dünne Schichten der Füllmischungen auf den einzelnen LWL aufgetragen, bevor die Schutzhülle aufgetragen wird. Hier wird auch wieder Mischung II.1.d bevorzugt.

II.2. Bereichsangaben von Seelenfüllmassen für optische Kabel analog Fig. 6

- Hierfür können bevorzugt die Mischungen nach I.1.b bis I.1.d eingesetzt werden, da hier die Anforderungen im Vergleich zu Aderfüllmassen gemäß I.1 gering sind.

- In Fig. 8 ist in schematischer Darstellung eine Anlage zur Aufbereitung und Herstellung einer Füllmasse gemäß der Erfindung gezeichnet. Als Grundausstattung ist mindestens ein Vorrat an Quellschüttung SP z. B. in einem entsprechenden Behälter vorhanden sowie ein weiterer Vorrat an hochdisperser Zusatzschüttung AP. Beide Substanzen werden einer ersten Mischeinrichtung M1 zugeführt, wo sie innig miteinander vermischt werden. Besonders geeignet hierfür ist eine Wirbelkammer, in der die staubförmigen Überzugsschichten des Trennpulvers auf die Quellschüttung verteilt werden.

- Da zweckmäßig von besonders feinem Quellschüttung ausgegangen werden soll — also Quellschüttung, welches auch beträchtliche Mengen Feinstaub enthält, welcher bei nicht sachgemäßer Handhabung gesundheitliche Probleme verursachen könnte — ist folgendes Herstellungsverfahren zweckmäßig:

- Der Produzent des Quellschüttung mahlt das Quellschüttung nach, trocknet es, siebt es ggf. und gibt das Trennpulver zu. Um Staubbelastungen möglichst zu vermeiden, wird bereits hier das Gemisch aus Quellschüttung SP und Trennpulver AP durch Zugabe eines geringen Öl- bzw. Kleberzusatzes OK phlegmatisiert. Dies kann zweckmäßig in der Mischeinrichtung M1 erfolgen, wobei die Anlagerung und Haftung der Trennmittelschicht an den größeren Quellschüttung dadurch verbessert werden kann, daß die Quellschüttung zuerst durch einen Ölnebel geblasen werden und dann das Bestäuben mittels des Trennpulvers durchgeführt wird. Günstig ist es dabei, das Öl bzw. den Kleber während des Mischvorganges einzudüsen. Es kann aber auch ausreichend sein, für die Haftung der Trennpulverteilchen an den Quellschüttung im wesentlichen nur die van der Waalschen Kräfte wirken zu lassen.

- Die aus Quell- und Trennpulver hergestellte, ggf. phlegmatisierte pulverförmige Grundsubstanz wird in weitgehend luft- und feuchtedichte Behälter BT abgefüllt und so dem Anwender in der Kabelfabrik praktisch trocken zur Verfügung gestellt. Da diese Grundsubstanz in allen vorgeschlagenen Mischungen der wichtigste Bestandteil ist, hat dieses Vorgehen den Vorteil, daß der Kabelproduzent für seine unterschiedlichen Anwendungen die für den jeweiligen Anwendungsfall passende endgültige Füllmassenmischung FCS kurz vor der Einbringung in die Kabel selbst herstellen kann. Dieser Vorgang kann in einem Mischgefäß M2 erfolgen, in dem man die pulverförmige Grundsubstanz aus dem Behälter BT z. B. mit einem weiteren Pulveranteil WP (z. B. PE-Pulver) mischt. Im gleichen oder bevorzugt in einem weiteren Mischer M3 können, falls erforderlich, die Hohlkugeln KG im gewünschten Verhältnis vorlegt werden. Es ist aber auch möglich, den gesamten Mischvorgang kontinuierlich in der Kabelfabrik zu betreiben. Die in Fig. 8 dargestellten Elemente bilden dann eine einzige durchgehende Fertigungslinie.

- In Fig. 9 ist eine einem Kabelwerk zugeordnete Einrichtung zur Herstellung eines Kabels oder einer optischen Ader nach einer der Fig. 1, 2, 6 oder 7 dargestellt. Konkret ist zunächst angenommen, daß ein Lichtwellenleiter LWC entsprechend Fig. 7 in eine Füllereinrichtung FE eingeführt wird. Dieser Füllereinrichtung FE wird das fertige Füllmassepulvergemisch FC zugeführt. In einem nachfolgenden Extruder EX wird mittels des zugehörigen Extruderkopfes EK die äußere Schutzhülle SH aufgebracht, so daß eine Lichtwellenleiterader GA, z. B. in Form einer Hohlader entsteht.

- Zur Füllung z. B. einer Hohlader entsprechend Fig. 7 kann man den oder die ggf. leicht eingeölte Lichtwellenleiter LWC mit Füllmaterial beschichtet über einen Nippel in den Extruder EX führen, wo dann die Schutzhülle bzw. die Schutzhüllen aufgespritzt werden. Vorteilhaft ist es auch, zunächst auf den oder die leicht mit Öl oder Kleber beschichteten Lichtwellenleiter LWC in einem separaten Arbeitsgang einlagig eine Schicht hochelastischer Mikrohohlkugeln aufzubringen, wodurch jeder Lichtwellenleiter mit einem elastischen Polster versehen ist. Dies kann erfolgen, indem expandierte Kugeln aufgebracht werden oder expandierbare Teilchen ("Expancel D" = Expancel dry, nicht expandiert), die in einer Heizstrecke aufgeblasen werden oder die bei der Aufbringung der Schutzhülle expandieren. Als äußere Schicht werden dann die weiteren gewünschten Füllmassenpulver, insbesondere das Quellschüttung und das Trennpulver auf die einzelnen oder auf mehrere Lichtwellenleiter aufgebracht.

Bei Verwendung von hochelastischen Mikrohohlkugeln (z. B. "Expancel 551 DE" oder "Expancel 091 DM" der Fa. Expancel Nobel Industries) erreicht man Dichten von ca. 40 kg/m³ bei Teilchengrößen im Bereich um

40 μm . Somit ergeben sich Schüttdichten von etwa 20 g/dm³. Diese Dichte entspricht einer Verschäumung von 98 bis 99%, d. h. bei einer vollständig gefüllten Struktur einer Lichtwellenleiterader nach Fig. 7 eine weiche Einbettung des Lichtwellenleiters LWC.

Anstelle eines einzelnen Lichtwellenleiters können auch mehrere Lichtwellenleiter im Inneren einer gemeinsamen Schutzhülle angeordnet sein (z. B. Bündelader). Bei entsprechend hohen Anteilen an Mikrohohlkugeln ist es verständlich, daß nur relativ wenig Quelpulver gebraucht wird. Zum einen deshalb, weil die Hälfte des zu füllenden Volumens mit den Mikrohohlkugeln ausgefüllt ist. Bei Wasserzutritt ist der Vortrieb des Wassers durch das von den Hohlkugeln gebildete sehr enge Kapillarsystem stark gebremst und weiterhin wird durch die räumliche Trennung der Quelpulverteilen auf der einen Seite und durch die Hohlkugeln auf der anderen Seite ein Klumpen des Quelpulvers bei Wasserzutritt verhindert. Es ist also bei einem Wassereintritt nur mit einem sehr kurzen Vordringen der Wasserfront auch bei geringen Quelpulveranteilen zu rechnen und das vorhandene Quelpulver bleibt stets voll wirksam.

Eine teilweise oder weitgehende Füllung des Innenraumes der Hohlader entsprechend Fig. 7 mit hochelastischen Hohlkugeln, zwischen denen sich vergleichsweise wenig Quelpulverteilen bzw. Teilchen aus sonstigen zusätzlich eingeführten Pulvern befindet, setzt eine Verschiebung der Lichtwellenleiter nur wenig Widerstand entgegen, gleicht lokale Druckspitzen aus und bewirkt eine gewisse Abpolsterung der Lichtwellenleiter untereinander (bei mehreren Lichtwellenleitern innerhalb der Schutzhülle SH) sowie gegen die äußere Wandung SH. Die Verwendung von Quelpulverteilen mit Durchmessern in der Größenordnung von 1 bis 10 μm führt im allgemeinen nicht zu lokalen Druckspitzen und damit Dämpfungserhöhungen bei den Lichtwellenleitern. Bei Verwendung von Hohlkugeln können durch deren Polsterwirkung auch größere Quelpulverteilen eingesetzt werden.

Wenn ein elektrisches Kabel CA1 (vgl. Fig. 1, 2) hergestellt werden soll, dann werden der Fülleinrichtung FE in Fig. 9 einzelne elektrische Adern AD1 bis AD4 zugeführt, die in der Fülleinrichtung FE mit der fast pulverförmigen Füllmasse FS versehen werden. Anschließend erfolgt mittels des Extruderkopfes EK die Aufbringung des Außenmantels, so daß beispielsweise ein Kabel CA1 nach Fig. 1 als Endprodukt erhalten wird. Analog wird bei Herstellung eines optischen Kabels nach Fig. 6 verfahren.

Die Einbringung der als Füllmasse dienenden Gemische in Kupfer- wie in Lichtwellenleiter-Kabelseelen oder auch in Lichtwellenleiteradern kann in verschiedener Weise erfolgen. So können verseilte, niederpaarige Kupferleiter-Seelen, Seelen aus einlagig um ein Tragelement verseilte Lichtwellenleiter-Hohlädern, die Nuten eines Kammerkabels oder um ein Tragelement verseilte U-Profile usw. und ihre Zwischenräume gefüllt werden, indem sie z. B. durch ein Wirbelbett mit der Mischung gezogen werden.

Einzelheiten hierzu zeigt Fig. 10, wo eine Kabelseele CAS (bestehend aus elektrischen und/oder optischen Leitern, vorzugsweise im verseilten Zustand) in eine Füllkammer KF eingefahren wird. Dem oberen Teil KFR der Füllkammer wird über eine Öffnung die pulverförmige Füllsubstanz FS (bestehend aus Quelpulver und Trennpulver, ggf. mit Zusätzen von weiteren Füllpulver und/oder Hohlkugeln) eingeblasen. Von unten wird über eine mit Öffnungen versehene Sinterplatte SP1 bzw. durch Düsen Luft LF zugeführt, die nach oben in den eigentlichen Füllraum KFR gelangt. Die Luft kann über einen Filter FL wieder entweichen. Die Kabelseele CAS durchläuft den eigentlichen Füllraum KFR der Füllkammer KF und wird allseits mit der Füllmasse FS bestäubt bzw. beschichtet. Durch die starke Verwirbelung in einem Wirbelbett innerhalb der eigentlichen Kammer KFR ist eine weitgehende Füllung der Zwischenräume zwischen den Seelenaufbauelementen und eine allseitige Beschichtung oder Bedeckung der Kabelseele CAS gewährleistet. Um eine bessere Fixierung der Füllmasse FS auf der Kabelseele CAS zu gewährleisten, kann zweckmäßig im Anschluß an die Fülleinrichtung KF die Oberfläche der beschichteten Kabelseele CAS mit Öl besprüht werden. Dieser Ölzusatz kann beispielsweise in einer nachfolgenden Nebelkammer NK fein versprüht werden und sich allseitig auf der Kabelseele CAS absetzen und dadurch eine mechanische Lagesicherung der pulverförmigen Füllmasse FS bewirken. Auch dieser Ölzusatz OZ ist so gering zu halten, daß das aufgebrachte Füllmaterial FS weiterhin im wesentlichen pulverförmig bleibt, also kein Gel bildet.

Es ist auch möglich, ggf. vor dem Einlaufen in die Beschichtungseinrichtung KF die Kabelseele oder Kabelseenelemente (z. B. Vierer) oberflächlich mit einem Öl oder Klebematerial zu besprühen, um bereits auf der Oberfläche das Haften des pulverförmig zugeführten Füllmaterials zu verbessern.

Auf die mit Füllmasse versehene Kabelseele CAS kann vorteilhaft eine Folie aufgebracht werden, um ein Abfallen der Füllmasse FS zu verhindern. Der Außenmantel des zu bildenden Kabels wird dann auf diese Folie aufextrudiert.

Besteht das Kabel aus mehreren Teilbündeln (Grundbündeln), dann ist jedem dieser Einzelbündel eine Beschichtungsanlage analog Fig. 10 zuzuordnen.

Da es bei einer dichteren Packung von Leitelementen innerhalb einer Kabelseele CAS schwierig werden kann, den Innenraum ausreichend mit Füllmasse FS zu füllen, kann bei einer größeren Anzahl von Leitelementen entsprechend Fig. 11 verfahren werden. Die einzelnen Leitelemente, z. B. elektrische Adern AD1 bis ADn und/oder optische Übertragungselemente (z. B. Lichtwellenleiter oder Hohlädern o. dgl.) GA1 bis GAn oder Adergruppen (z. B. Vierer oder Grundbündel) werden einer Füllkammer KF1 zugeführt, die ähnlich aufgebaut ist, wie die Füllkammer KF nach Fig. 10 und ebenfalls eine z. B. aus Sintermaterial bestehende Verwirbelungsplatte mit Öffnungen SP1 und ein Luftfilter FL1 am Ausgang aufweist. Über vorzugsweise düsenförmige Eingangsöffnungen EO1 bis EOn werden die einzelnen elektrischen und/oder optischen Übertragungselemente AD1 bis ADn bzw. GA1 bis GAn und oder deren Gruppen in das Innere der Füllkammer KFR1 eingeführt und dort allseitig im Wirbelbett von der aufgewirbelten pulverförmigen Füllmasse FS gefüllt und umgeben. Die Elemente werden zu einer Seele verseilt, wobei der Verseilpunkt zweckmäßig am Ausgang der Füllkammer liegt. Die Verseileinrichtung kann auch als SZ-Verseileinrichtung VS ausgebildet und unmittelbar nach der Füllkammer angeordnet werden. Die durch die Verseilung aus den einzelnen Leitelementen gebildete

Kabelseele CAS1 ist auch in ihrem Innenbereich mit pulverförmigen Füllmassenanteilen versehen und verhindert dadurch bei Wasserzutritt, infolge des Quellens des Quellpulvers, eine Wasserausbreitung in besonders wirkungsvoller Weise. Im Außenbereich, d. h. im Bereich der Oberfläche der Kabelseele CAS1 kann eine Fixierung analog der Öl- oder Klebematerial versprühenden Nebelkammer NK nach Fig. 10 durchgeführt werden. Es ist aber auch möglich, der Füllereinrichtung nach Fig. 11 eine eigene zusätzliche Füllereinrichtung für die Kabelseele entsprechend Fig. 10 nachzuschalten. Weiterhin ist es auch möglich, in Fig. 11 die einzelnen Leiter-
 5 elemente AD1 bis ADn und GA1 bis GAn vor dem Einlaufen in die Füllkammer KF1 mit einer klebenden oder öligen Substanz zu versehen, um die Haftung der pulverförmigen Füllmasse FS an der Oberfläche der Leiter-
 10 elemente zu verbessern. Das Aufbringen des pulverförmigen Füllmaterials FS kann auch durch elektrostatische Verfahren erfolgen, d. h. es werden geladene Pulverteilchen auf entgegengesetzt geladene bzw. geerdete Leiter-
 teilchen aufgebracht und haften dadurch besonders fest.

Patentansprüche

1. Kabel mit einer pulverförmigen Füllmasse, das ein Quellpulver und ein Zusatzpulver enthält, dadurch gekennzeichnet, daß das Zusatzpulver so eingebracht ist, daß seine Teilchen (AP1—APn) mit den Teilchen (S1—SN) des Quellpulvers gut vermischt und zwischen diesen verteilt derart angeordnet sind, daß Teilchen (AP1—APn) des Zusatzpulvers Teilchen (S1—SN) des Quellpulvers voneinander trennen, und daß beim Eindringen von Wasser ein fortschreitender Wasserzutritt zu benachbarten Teilchen (SU1—SUn) des Quellpulvers durch die Trennwirkung der Teilchen (AP1—APn) des Zusatzpulvers unterstützt ist.
2. Kabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, die Größe der Teilchen (AP1—APn) des Zusatzpulvers kleiner gewählt ist als die Größe der Teilchen (S1—SN) des Quellpulvers.
3. Kabel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe der Teilchen (AP1—APn) des Zusatzpulvers unter 1/10, vorzugsweise unter 1/100 und insbesondere zwischen 1/100 und 1/200 der Größe der Teilchen (S1—SN) des Quellpulvers gewählt ist.
4. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe der Teilchen des Zusatzpulvers unter 1 µm, vorzugsweise unter 0,1 µm gewählt ist.
5. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Zusatzpulver ein hochdisperses, insbesondere anorganisches, Pulver verwendet ist.
6. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Zusatzpulver Silikate, insbesondere SiO₂, und/oder Bentonite und/oder Montmorillonite verwendet sind.
7. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil an Zusatzpulver geringer gewählt ist als der Anteil an Quellpulver.
8. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen 94 und 99,9 Vol.% wahres Volumen Quellpulver und zwischen 6 Vol.% und 0,1 Vol.% wahres Volumen Trennpulver in der Füllmasse vorgesehen sind.
9. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Füllmasse noch sonstige Pulveranteile (WP1—WPn), insbesondere Polyethylenpulver, zugefügt sind.
10. Kabel nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilchengröße der sonstigen Pulveranteile (WP1—WPn) etwa in der Größenordnung der Teilchengröße des Quellpulvers gewählt ist.
11. Kabel nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Füllmasse zwischen 10 und 70 Vol.% Quellpulver (S1 bis Sn), 0,1 bis 6 Vol.% Trennpulver (AP1 bis APn) sowie zwischen 85 Vol.% und 30 Vol.% sonstige Pulveranteile (WP1—WPn) (jeweils wahres Volumen) aufweist.
12. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Füllmasse (FS1, FS2) eine Beigabe in Form von Öl oder einem Klebemittel aufweist, deren Anteil an der Füllmasse (FS1, FS2) so niedrig gewählt ist, daß das Stauben der Füllmasse (FS1, FS2) bei der Verarbeitung verhindert wird ohne daß es zur Bildung einer pastenförmigen Konsistenz der Füllmasse (FS1, FS2) kommt.
13. Kabel nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Beigabe an Öl oder Klebemittel unter 5 Vol.%, vorzugsweise zwischen 1 und 3 Vol.% von der Füllmasse (FS1, FS2) gewählt ist.
14. Kabel nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß das beigegebene Öl oder Klebemittel eine Viskosität von unter 500 mPas aufweist.
15. Kabel nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Füllmasse zwischen 93,5 Vol.% und 99 Vol.% Quellpulver (S1 bis Sn), zwischen 0,1 Vol.% und 6 Vol.% Zusatzpulver als Trennpulver (AP1 bis APn) sowie 0,5 Vol.% bis 5 Vol.% als Beigabe in Form von Öl oder einem Klebemittel (jeweils wahres Volumen) aufweist.
16. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Füllmasse elastische Kügelchen, insbesondere Hohlkügelchen, zugesetzt sind.
17. Kabel nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchmesser der elastischen Kügelchen im expandierten Zustand etwa in der Größenordnung der Durchmesser der Quellpulverteilchen gewählt sind.
18. Kabel nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß für elektrische Kabel oder für die Seelenfüllmassen optischer Kabel die Füllmasse zwischen 3 und 50 Vol.% Quellpulver (S1 bis Sn), zwischen 0,5 und 6 Vol.% Zusatzpulver (AP1 bis APn) als Trennpulver, zwischen 0 Vol.% und 60 Vol.% weitere Füllpulveranteile (WP1—WPn), zwischen 0,5 und 5 Vol.% Öl bzw. Klebematerial und zwischen 10 Vol.% und 90 Vol.% elastische Hohlkörperchen (HK1 bis HKn) aufweist (jeweils wahres Volumen).
19. Kabel nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß für eine optische Adern die Füllmasse zwischen 3 Vol.% und 50 Vol.% Quellpulver (S1 bis Sn), zwischen 0,1 und 6 Vol.% Zusatzpulver (AP1 bis APn) als Trennpulver, zwischen 0,5 und 5 Vol.% Öl bzw. Klebematerial, zwischen 0 Vol.% bis 30 Vol.% weitere Pulveranteile (WP1 bis WPn) und zwischen 49 Vol.% und 96 Vol.% Hohlkügelchen (HK1 bis HKn)

aufweist (jeweils wahres Volumen).

20. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilchengröße der Quellpulverteilchen (S1 bis Sn) zwischen 1 und 100 µm gewählt ist.

21. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für elektrische Kabel die Füllmasse so zusammengesetzt ist, daß die sich insgesamt ergebende relative Dielektrizitätskonstante unter 1,5 liegt. 5

22. Verfahren zur Herstellung einer Füllmasse für ein Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zuerst das Quellpulver (SP) und das als Trennpulver wirkende Zusatzpulver (AP) miteinander vermischt werden und eine Grundsubstanz bilden.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Vermengung von Quellpulver (SP) und als Trennpulver dienendem Zusatzpulver (AP) ein geringer Öl- oder Klebezusatz beigegeben wird, der ein Stauben der so gebildeten Grundsubstanz verhindert. 10

24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Grundsubstanz weitere Pulveranteile (WP) und/oder Hohlkugeln (HG) zugegeben werden.

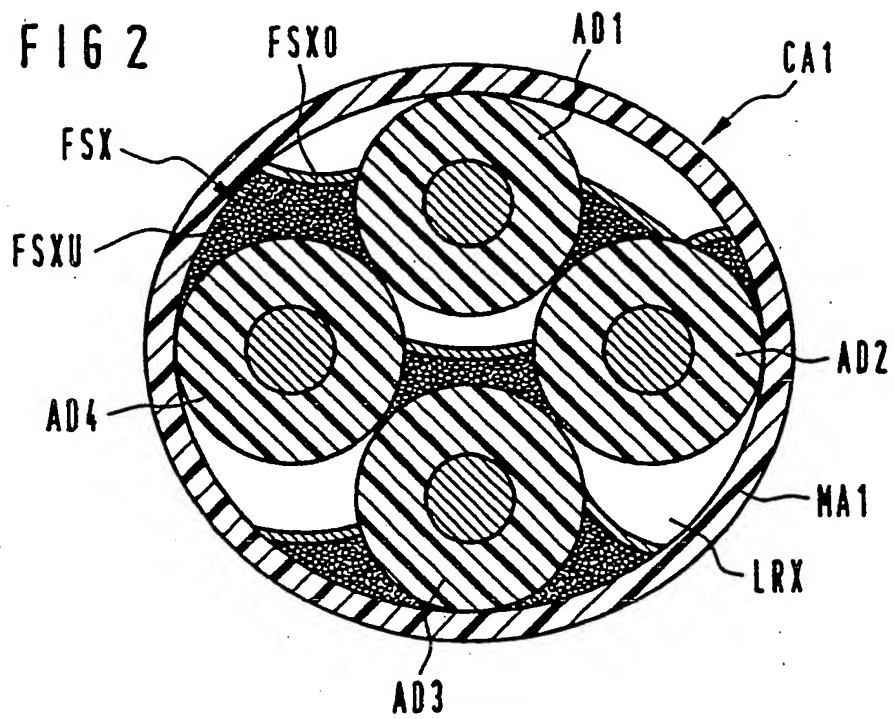
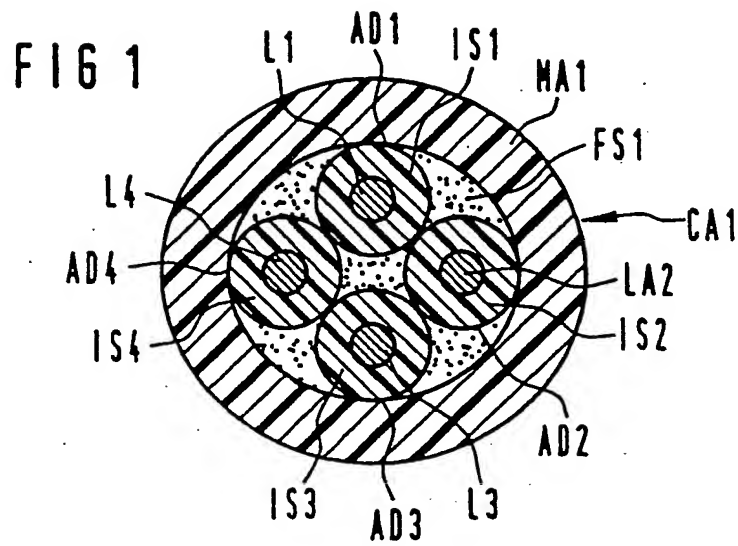
25. Verfahren zum Aufbringen einer Füllmasse auf einzelne Adern (AD1 bis ADn; GA1 bis GAn) oder Aderbündel, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Kammer (KFR1) die pulverförmige Füllmasse fein verteilt wird und daß durch diese Füllkammer (KFR1) die jeweils zu beschichtenden Adern (AD1 bis ADn; GA1 bis GAn) oder Aderbündel hindurchbewegt werden. 15

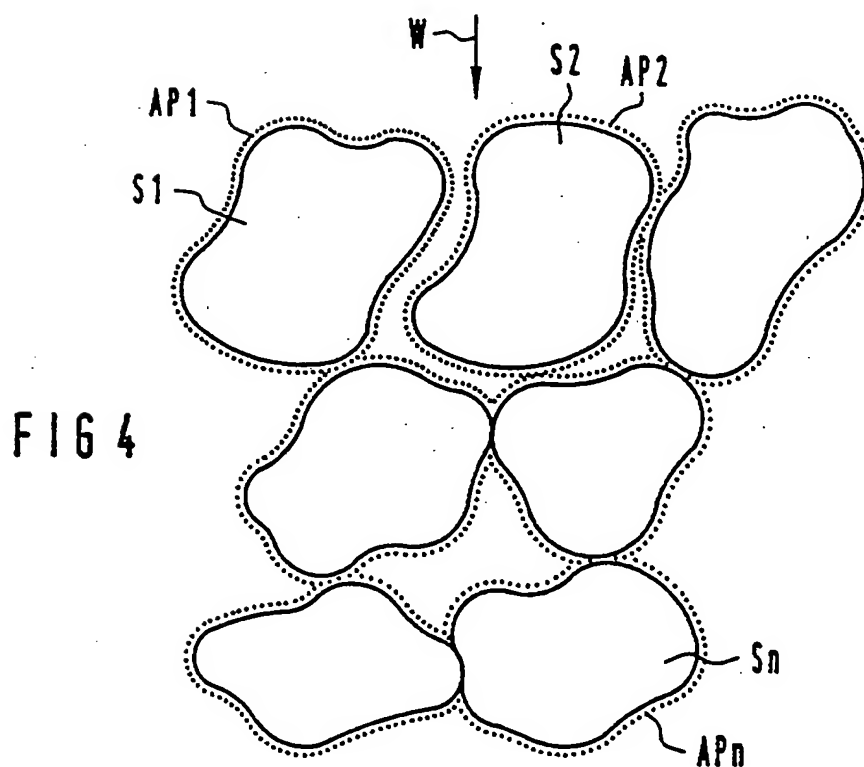
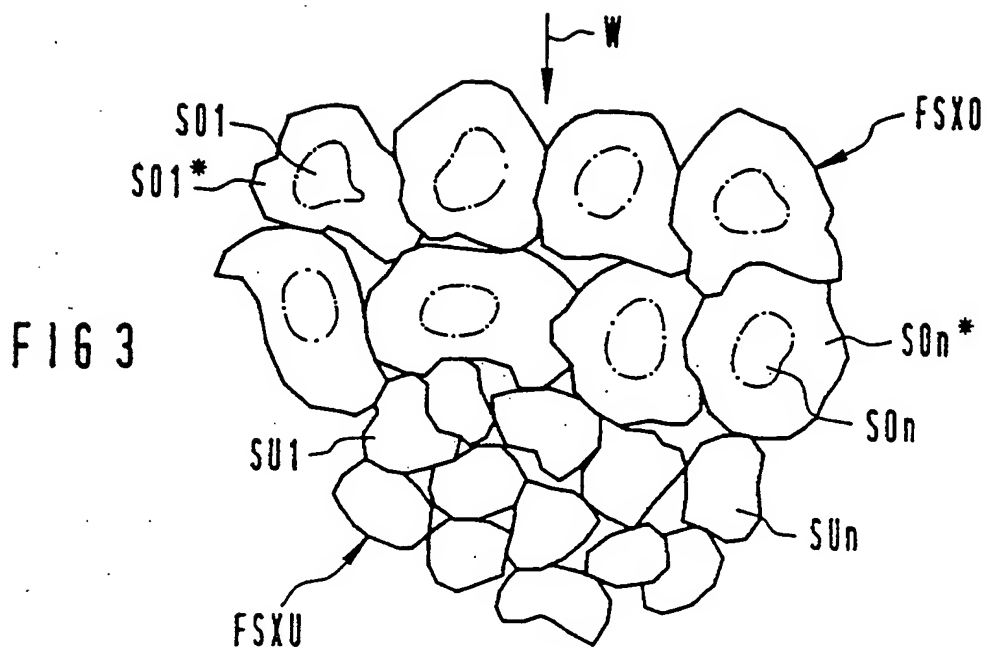
26. Verfahren zur Herstellung einer Pulverbeschichtung auf einer Kabelseele, dadurch gekennzeichnet, daß die Kabelseele (CAS) durch eine Füllkammer (KFR) hindurchbewegt wird, in der fein verteilt die pulverförmige Füllmasse vorhanden ist. 20

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 und 25, dadurch gekennzeichnet, daß die aufgetragenen Pulveranteile auf den Adern (AD1 bis ADn; GA1 bis GAn), den Aderbündeln oder auf der Kabelseele (CAS) durch Besprühen mit einem Ölanteil in ihrer Haftung verbessert werden.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -





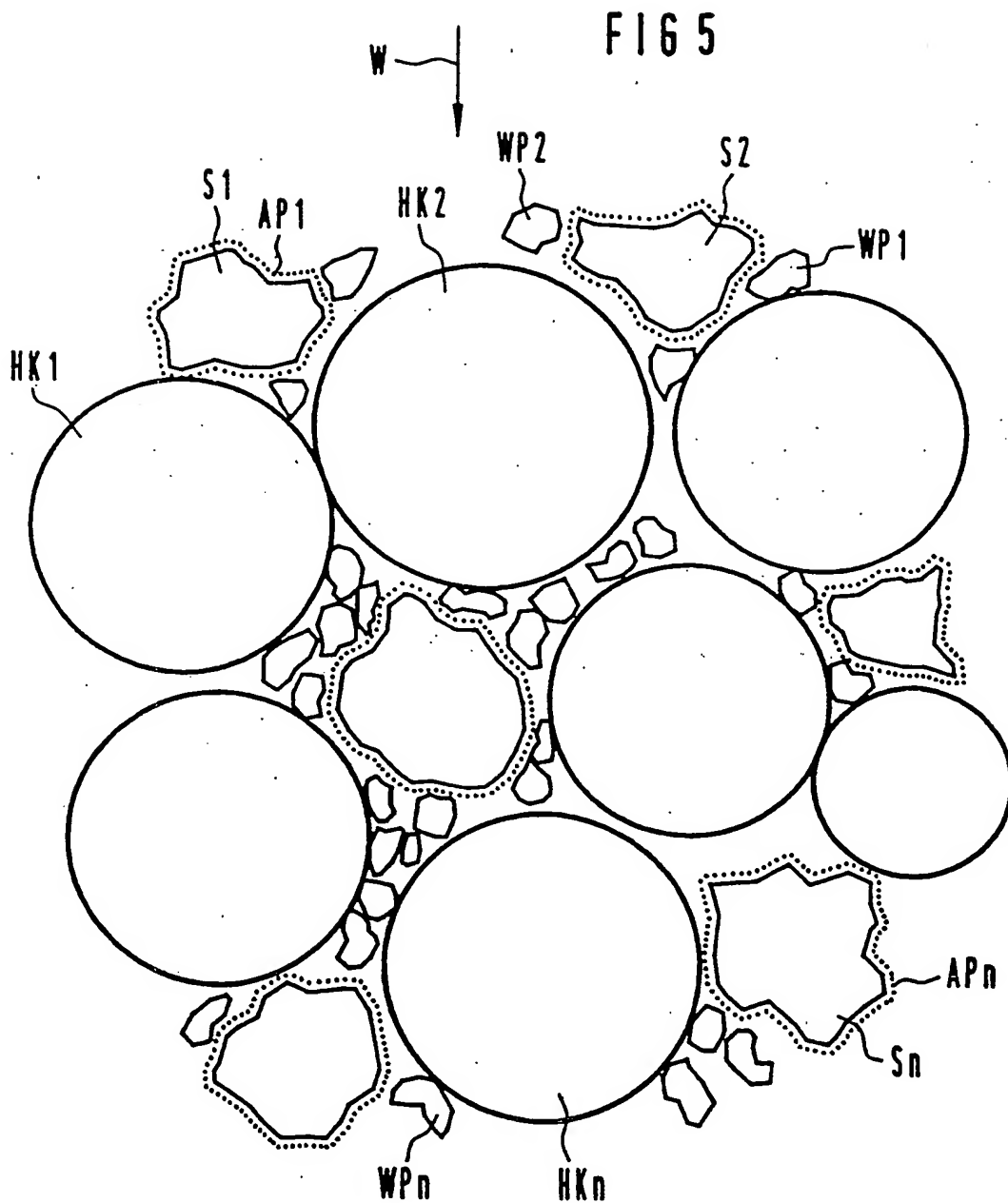


FIG 6

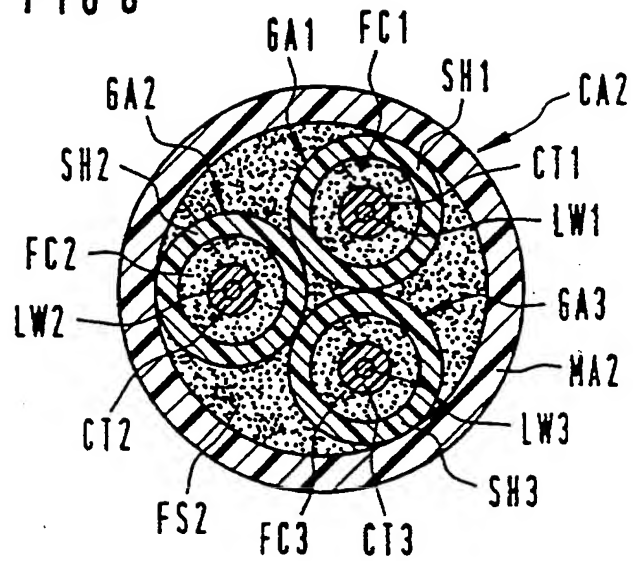


FIG 7

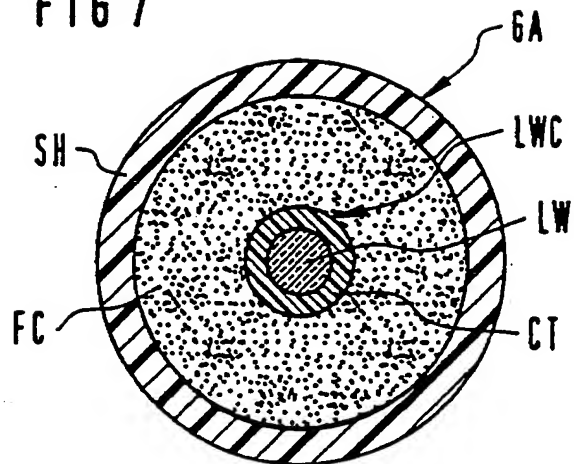


FIG 8

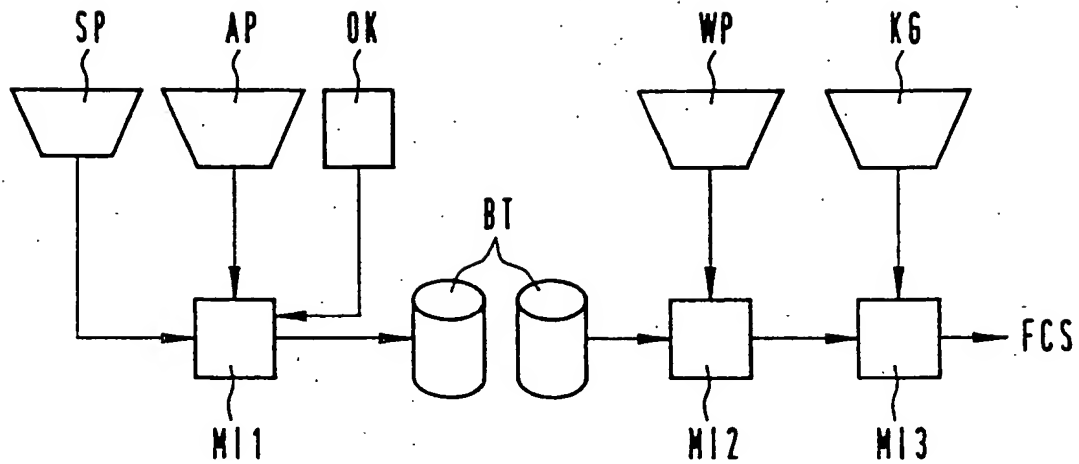


FIG 9

